Zur Soziologie und Ökologie des mitteldeutschen Auenwaldes.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde
einer Hohen Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Martin Luther-Universität
Halle-Wittenberg

vorgelegt von

Wilhelm Koßwig
aus Torgau (Elbe).

Halle / S.

1937

Druck: BUCHDRUCKEREI JOH. MOLTZEN, LEIPZIG O 5
Wurzner Straße 9

Referent: Prof. Dr. Günther Schmid.
Korreferent: Prof. Dr. Wilhelm Troll.

Tag der mündlichen Prüfung: 24. 6. 1936.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Das Original der Arbeit (358 Schreibmaschinenseiten Text, 395 Schreibmaschinenseiten Tabellen, 141 Abbildungen) ist durch das Botanische Institut der Universität Halle zugänglich.

Meinen lieben Eltern und Schwiegereltern

in Dankbarkeit gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548112_0063

Inhalt.

Seite

Vorwort 6

Zur soziologischen und ökologischen Terminologie.

Bemerkungen zur soziologischen und ökologischen Terminologie sowie zur Durchführung ökologischer Untersuchungen 7

Die Vegetationsverhältnisse.

Topographie der Rabeninsel und des untersuchten Gebietes . . . 23
Vegetationsverhältnisse in den Auenwäldern der Umgegend von Halle 25
Methodik der Besatndesaufnahme 30
Vegetation der Rabeninsel 34
Vegetation des untersuchten Gebietes 40

Die Standortsfaktoren.

Entnahme der Bodenproben 60
Physikalische Bodenanalyse, Methodik und Ergebnisse 62
Bodenfeuchtigkeit 69
Methodik der chemischen Bodenanalyse 78
Ergebnisse der chemischen Bodenanalyse 91
Grundwasseranalyse 143
Gesamtstickstoff, Amoniak- und Nitratstickstoff 144
Methodik der Lichtmessungen 152
Ergebnisse der Lichtmessungen 153
Methodik der Messung von Luft- und Bodentemperaturen sowie der Luftfeuchtigkeit 161
Ergebnisse der Temperaturbeobachtungen 163
Ergebnisse der Luftfeuchtigkeitsmessungen 176

Vegetation und Standortsfaktoren.

Korrelationen zwischen Standort und Vegetation 184
Gedanken zur Verallgemeinerung der Ergebnisse 190

Zusammenfassung 194

Schriftenverzeichnis 200

Vorwort.

Die vorliegende Arbeit verfolgt nicht so sehr das Ziel, die kausale Bedingtheit der Vegetation des Auenwaldes zu behandeln, als vielmehr einen Überblick über die Mannigfaltigkeit der Standortsfaktoren zu geben, die in den Pflanzenvereinen des Auenwaldes wirksam sind. Ökologische Untersuchungen sind nur dann von Wert, wenn neben eingehender Darstellung der ökologischen Faktoren auch gleichzeitig die Vegetation genau beschrieben wird. Die Schilderung der Bodenverhältnisse hat einen breiteren Raum eingenommen, weil sich diese Arbeit in erster Linie an den Botaniker wendet und dieser naturgemäß bodenchemischen und bodenphysikalischen Fragen ferner steht. Im klimatologischen Teil dieser Untersuchung wurde angestrebt, die Ergebnisse in ihrer Gesamtheit darzustellen. Probleme, die mit der soziologischen und ökologischen Terminologie sowie der Floristik des Auenwaldes und des feuchten Laubwaldes ganz allgemein zusammenhängen, sind nur andeutungsweise behandelt worden. Ebenso sind auch diejenigen Ausführungen, die sich mit der Möglichkeit der Verallgemeinerung der Beobachtungsergebnisse beschäftigen, nur kurz gefaßt worden, um den Umfang der Arbeit zu beschränken.

Zur soziologischen und ökologischen Terminologie.

Bemerkungen zur soziologischen und ökologischen Terminologie sowie zur Durchführung ökologischer Untersuchungen.

„Für die Ökologie ist der Standort das Maßgebende, und die Pflanzenwelt soll von dem Standort aus betrachtet werden" (Lundegardh 1930, S. 424).

„In einer immer größer werdenden Zahl von Arbeiten sind die Pflanzengesellschaften nach physiognomisch-floristischen Gesichtspunkten beschrieben worden. Diese Analysen der Gesellschaften von Pflanzen bleiben in den meisten Fällen rein beschreibend, sie nehmen oft keine Rücksicht auf den Kausalzusammenhang der Pflanzengesellschaft mit den Bedingungen des Standortes oder wie man auch sagen kann, mit dem Milieu. Es ist wohl klar, daß das gemeinsame Vorkommen von Pflanzenarten, oft sogar in einem konstanten Zahlenverhältnis von den Einflüssen des Standortes wie Bodenbeschaffenheit und Klima abhängig ist" (Menke und Wiemann 1933, S. 168).

Die Voraussetzung für eine ökologische Untersuchung ist also die Kenntnis der Zusammensetzung und des Aufbaues der betreffenden Pflanzengemeinschaft und ihr Ziel die kausale Verknüpfung von Vegetation und Standortsfaktoren. Ohne vorherige Festlegung der soziologischen und ökologischen Begriffe muß aber das Verständnis der Arbeit erschwert werden, da bei weitem nicht so eindeutige Auffassungen über terminologische Fragen herrschen, wie man vielleicht von vornherein annehmen könnte. Die Schaffung allgemein anerkannter Begriffe wird wohl nie möglich sein und ist auch nicht erforderlich; denn dies würde den Fortschritt der Erforschung dieser Probleme wohl eher hindern als fördern. Die vom 3. internationalen Botanikerkongreß in Brüssel 1910 gebilligten soziologischen und ökologischen Definitionen von Flahault und Schröter haben zwar nicht dazu beigetragen, die herrschenden Auffassungsdifferenzen zu beseitigen, wohl aber haben sie außerordentlich anregend vor allem auf die Pflanzensoziologie gewirkt und so zu einer Reihe wichtiger Erkenntnisse über Struktur und Aufbau von Pflanzengesellschaften geführt. Obwohl z. B. die Upsalaer und Schweizer Schule von ganz verschiedenen Voraussetzungen und Begriffen über Assoziation, Konstanz usw. ausgegangen sind, haben sie sich beide doch ihre Verdienste um die Erforschung der Konstitution der Pflanzengesellschaften erworben.

Dies lag in der Hauptsache daran, daß beide Richtungen ihre fest umrissenen Begriffe besaßen, mit denen sie arbeiteten, und die mit dem Fortschreiten der Erkenntnisse nur geringe Wandlungen durchmachten. Auch ohne übereinstimmende, aber festliegende Definitionen haben also beide Schulen ihr Teil zum Lehrgebäude der Pflanzensoziologie beigetragen.

Ähnlich verhält es sich mit den Definitionen der ökologischen Begriffe. Es herrschen noch keine einheitlichen Auffassungen darüber, was unter „Standort" zu verstehen ist, wie die Standortsfaktoren zu klassifizieren sind oder ob z. B. die Frage nach dem Wesen der Pflanzengemeinschaft auch ohne Einbeziehung ökologischer Momente zu lösen ist.

Der Begriff „Standort" bedeutet in seinem ursprünglichen Sinn nichts anderes als Wuchsort und ist von den alten Botanikern meist in diesem Sinne gebraucht worden. Der Florist hält auch heute noch an diesem Begriffsinhalt fest. Für ihn ist der Standort eine geographisch bestimmte Lokalität. Im Sinne der Brüsseler Definition nimmt dagegen der Standortsbegriff den weitesten Umfang ein, den man ihm überhaupt geben kann; denn Punkt 8 d der Vorschläge von Flahault und Schröter zum Brüsseler Kongreß lautet: „Unter ‚Standort' (station, habitat) versteht man die Gesamtheit der an einer bestimmten Lokalität wirkenden Faktoren, soweit sie die Pflanzenwelt beeinflussen" (zit. nach Diels 1913, S. 219). Hiernach ist also der Begriff „Standort" im geographischen und ökologischen Sinn gebraucht. Darüber, ob auch die sogenannten historischen Faktoren in diese Definition eingeschlossen sind, kann man geteilter Auffassung sein. Brenner (1927, S. 153) meint, daß „die für die Pflanzenwelt sehr wichtigen historischen Faktoren wohl kaum dem Standort zugerechnet werden sollten" und schiebt in die Brüsseler Definition deshalb das Wort „gegenwärtig" ein, sodaß die betreffende Stelle dann lautet: „Unter ‚Standort' versteht man die ... gegenwärtig wirkenden Faktoren, ..." und bringt damit die Ausschaltung der historischen Faktoren aus der Definition klar zum Ausdruck. Eine Unterscheidung zwischen Standortsfaktoren und ökologischen Faktoren nimmt aber Brenner nicht vor. Er rechnet die historischen Faktoren „wenigstens nicht als Gruppe zu den Standortsfaktoren". Er glaubt deshalb, „daß die Klarheit daran gewönne, wenn man sie ganz von diesem Begriff ausschaltete. Die Standortsfaktoren oder die ökologischen Faktoren wären somit solche Faktoren, die gegenwärtig auf einem Orte herrschen und die Pflanzenwelt beeinflussen" (S. 149/150). Unter „Ökologie" verstehen Flahault und Schröter „die Gesamtheit der Beziehungen der Einzelpflanze oder der Pflanzengesellschaft einerseits und dem Standort andererseits. Die Ökologie umfaßt also die Lehre von den Standortsbedingungen und Anpassungserscheinungen sowohl der einzelnen Art wie der Pflanzengesellschaften" (zit. nach Diels 1913,

S. 219). Die Standortsfaktoren sind demnach alle ökologischer Natur, und zu den ökologischen Faktoren gehören, wie die Definition besagt, alle Beziehungen zwischen der einzelnen Pflanze bzw. der Pflanzengesellschaft und dem Standort, d. h. also den den Standort ausmachenden Faktoren ohne die historischen Faktoren.

Zwischen die beiden Definitionen des Standortes, die rein geographische und die geographisch-ökologische, lassen sich nun alle vertretenen Ansichten über die Begriffe „Standort, Standortsfaktor, ökologischer Faktor usw." eingliedern. An dieser Stelle soll auf eingehendere Ausführungen hierzu verzichtet werden. Einige Beispiele mögen genügen. So versteht Du Rietz (1928, S. 9) unter „Standort" nur „das Lebensmedium der Pflanze (resp. Pflanzengesellschaft)" und faßt somit den Begriff rein geographisch. Kylin (1926, S. 99) schließt sich der Ansicht von Nordhagen (1919, S. 106) an, der eine begriffliche Aufteilung des Wortes „Standort" in den Standort gleich Wuchsort und die Standortsfaktoren vornimmt und damit eine Verknüpfung des geographischen und ökologischen Momentes im Standortsbegriff ablehnt. Ein Unterschied gegenüber der Auffassung von Du Rietz besteht nicht mehr, da die Kritik Kylins an der Bezeichnung des Standortes als „Substrat" bei Du Rietz und Mitarbeitern (1918, S. 156) durch die von Du Rietz (1928, S. 8/9) vorgenommene Änderung des Begriffes auch im inhaltlichen Sinne nunmehr überholt ist. Brenner (1927, S. 155) hält dagegen die Doppelsinnigkeit des Begriffes nicht für bedenklich und schließt sich der Brüsseler Definition an. Auch Yapp (1922, S. 2) faßt Wuchsort und Standortsfaktoren zum Standortsbegriff zusammen. „This extension of the meaning of the term would appear both legitimate and natural, for it is the habitat factors which gave importance to the habitat." Trotz dieser Einstellung ist Yapp (S. 12) durchaus nicht für eine starre Definition. „... What we need for practical purposes is not so much a rigid definition of the habitat ... as a working classification of habitats". Er definiert daraufhin den Standort als „the place of abode of a plant, a plant community, or in some cases even a group or a succession of selated plant communities, together with all factors operative within the abode, but external to the plants themselves". Diese Definition, die alle auf den Wuchsort der Pflanzen einwirkenden Faktoren umfaßt unter Ausschluß des Wettbewerbes der Pflanzen, soll den verschiedensten Ansprüchen, die der Ökologe an den Standortsbegriff stellt, gerecht werden, indem hier die durch die räumliche Ausdehnung des Standortes entstehenden Verschiedenheiten in den Standortsfaktoren, die Sukzession der Pflanzenvereine und auch der Grundsatz von der Einheitlichkeit der an dem Standort einer Assoziation herrschenden Faktoren (vgl. die Brüsseler Definition der Assoziation) vereinigt sind. In der Definition von Yapp werden also auch die historischen Faktoren zu den Standortsfaktoren gerechnet.

Wie Yapp (S. 2) bemerkt, hängt die Verwendung eines bestimmten Standortsbegriffes durch einen Autor oft von dessen Arbeitsgebiet ab. „Even so, the usage varies according to the concept in the mind of the individual author, and this in turn depends very much on the nature of the invastigation on which he is engaged". Es ist hier interessant, die Veröffentlichungen von Du Rietz zu verfolgen. 1917 steht er noch vollkommen auf dem Boden der Definition von Flahault und Schröter. 1918 schaltet Du Rietz bereits die biotischen und historischen Faktoren aus der Standortsdefinition aus. Der Standort wird als „Substrat" bezeichnet. 1928 verwirft Du Rietz auch diese Bezeichnung, „denn obgleich selbstverständlich die Eigenschaften dieses Substrates auch von den atmosphärischen Faktoren (Wärme, Licht, Feuchtigkeit usw.) bestimmt werden, wird es leicht unklar, inwieweit die atmosphärischen Faktoren im Standort eingefaßt werden sollen" (S. 8) und kommt zu einer rein geographischen Fassung des Standortbegriffes, was wohl seiner rein soziologischen Forschungsweise entspricht.

Ich selbst habe in der vorliegenden Arbeit keinen scharfen Unterschied zwischen dem Standort als Wuchsort und dem Standort als Inbegriff der Standortsfaktoren gemacht, da sich die Doppelsinnigkeit des Begriffes nicht störend bemerkbar macht. Inwieweit aus logischen Gründen zwischen dem „konkreten Gegenstand und dem abstrakten Sammelbegriff", wie Brenner (1927, S. 155) es bezeichnet, Unterschiede gemacht werden müssen, soll hier nicht entschieden werden. Ich verwende zunächst die weiteste Fassung des Standortsbegriffes, ohne sie vorläufig mit meiner Auffassung zu identifizieren. Daß es recht schwer sein kann, geographisches und ökologisches Moment streng auseinander zu halten, zeigt jedes Florenwerk. Wenn es z. B. heißt, „Primula cortusoides L. ... wurde bei Straußberg und Landsberg a. W. verwildert gefunden" (Garcke 1898, S. 502), ist dies eine rein geographische Standortsangabe. Es hätte ebensogut ein bestimmter Punkt auf der Karte angegeben werden können. Wenn dagegen als Standort für Oenanthe aquatica Lmck. „Gräben, Sümpfe, stehende Gewässer" (Garcke 1898, S. 252) angegeben wird, heißt dies mit anderen Worten, daß an trockenen Orten die Art nicht zu finden ist. Damit ist m. E. ein ökologisches Moment in die Standortsangabe hineingebracht; denn die Pflanze wird nur dort zu finden sein, wo der Standortsfaktor Feuchtigkeit wie eben bei „Gräben, Sümpfen, stehenden Gewässern" vorhanden ist.

Die am Standort wirkenden Faktoren werden meist in klimatische (atmosphärische), edaphische und biotische als gegenwärtig wirkende und historische eingeteilt. Braun-Blanquet (1928, S. 72/73), der dieser Einteilung im großen und ganzen folgt, fügt der Gruppe der „heute wirksamen und meßbaren Standortsfaktoren" noch die orographischen oder Relieffaktoren hinzu. Von den

biotischen Faktoren als Einflüssen der lebenden Umwelt auf die Vegetation betrachtet er getrennt die Konkurrenzfaktoren, welche er als besonderen Faktorenkomplex herausstellt, sodaß er also insgesamt drei Faktorenkomplexe unterscheidet, die er „zum vollen Verständnis der Pflanzengesellschaften" für notwendig erachtet. Die Begriffe „Standortsfaktor" und „ökologischer Faktor" werden von vielen Autoren häufig im gleichen Sinne gebraucht. Versteht man aber unter ökologischen Faktoren nur die nicht zu den biotischen und historischen gehörenden Faktoren (z. B. Du Rietz in seinen Arbeiten aus den Jahren 1918/1924), so ist die Vegetation natürlich nicht ausschließlich ökologisch bedingt. Du Rietz hat dann seine damalige Ansicht abgeändert und verwendet jetzt das Wort Ökologie „nur im weitesten Sinne, also als Bezeichnung für die ganze Wissenschaft von den Wechselbeziehungen zwischen der Pflanzenwelt und der Umgebung" (1928, S. 6/7). Den Begriff ökologische Faktoren gebraucht Du Rietz folgerichtig demnach auch nur im allgemeinen Sinne und „ersetzte deshalb dieses Wort in der früher häufigen engeren Bedeutung mit ‚chemisch-physikalischen Faktoren'". Fries (1925, S. 60) meint, daß die meisten Botaniker im allgemeinen unter dem Ausdruck „ökologischer Faktor" nur die physikalischen und chemischen Standortsfaktoren verstehen. Fries ist der Ansicht, „daß diese Distinktion die zweckmäßigste ist". Darüber läßt sich natürlich streiten. Den physikalischen und chemischen Faktoren stellt er die biotischen und historischen gegenüber. Eine derartige Einteilung der Standortsfaktoren wird von Du Rietz (1928, S. 8) abgelehnt, weil sie erstens „bedenklich unlogisch" ist; „denn edaphische, klimatische und biotische Faktoren können auch historisch sein, ein biotischer Faktor wirkt oft chemisch-physikalisch usw. Zweitens sind die betreffenden Begriffe viel zu heterogen für den praktischen Gebrauch, besonders die Gruppe ‚biotische Faktoren', die ein Sammelsurium der verschiedensten Dinge umfaßt". Aber ganz abgesehen davon, für welche Einteilung der Standortsfaktoren man sich entschließt, dürfte es zunächst zweckmäßig sein, wie es auch im Sinn von Brenner liegt, die Gesamtheit der gegenwärtig an einer bestimmten Lokalität wirkenden Faktoren, soweit sie die Pflanzenwelt beeinflussen, als ökologische Faktoren zu bezeichnen und den historischen Faktoren gegenüber zu stellen, da die Auswirkung der ökologischen Faktoren und der historischen Faktoren auf die Vegetation sich in vollkommen unterschiedlichen Zeiträumen vollzieht und die historischen Faktoren somit wenigstens als besondere Gruppe den übrigen Faktoren gegenüber stehen. In diesem Sinne sind die Begriffe „ökologischer Faktor" und „Standortsfaktor" identisch. Kylin (1926, S. 98) ist ebenso wie Brenner (1927, S. 153) der Ansicht, daß die historischen Faktoren nicht zu den Standortsfaktoren im Sinne der Brüsseler Definition gehören. Diese Ansicht möchte ich hier zu-

nächst verwenden, ohne jedoch meiner eigenen Stellungnahme bereits vorzugreifen.

Diese Gedankengänge sind natürlich nur so lange stichhaltig, als man sich an die Brüsseler Definition des Standortes hält; denn wenn in den an einer bestimmten Lokalität wirkenden Faktoren die historischen nicht mit einbegriffen sind, so kann man sie auch nicht als ökologische Faktoren bezeichnen. Trotzdem muß man aber einen Begriff für alle diejenigen Faktoren besitzen, die in ihrer Gesamtheit die Bildung, Erhaltung oder Veränderung einer Pflanzengemeinschaft bedingen. Dafür scheint mir der Ausdruck „Standortsfaktoren" am geeignetsten; somit kann man also auch von historischen Standortsfaktoren sprechen. Durch Beifügung des Wortes „historisch" zu Standortsfaktoren ist ja auch schon der Gegensatz zu den gegenwärtig wirkenden Standortsfaktoren oder ökologischen Faktoren genügend herausgestellt. Die Verwendung des Begriffes „ökologischer Faktor" für die Gesamtheit aller Standortsfaktoren scheint mir weniger günstig, da die Ökologie (Synökologie) ja das „Studium der Abhängigkeitsbeziehungen der Pflanzengesellschaften voneinander und von der Umwelt zur Aufgabe" hat (Braun-Blanquet 1928, S. 2) und somit ökologische Faktoren nur solche sein können, die den Gesellschaftshaushalt einer Pflanzengemeinschaft in kurzen Zeiträumen meßbar beeinflussen. Dies gilt aber nicht für die historischen Faktoren, und so sollen diese auch nur den Standortsfaktoren, aber nicht den ökologischen Faktoren zugerechnet werden. Eine getrennte Betrachtung der klimatischen, edaphischen und biotischen Faktoren einerseits und der historischen Faktoren andererseits, sofern man diese Gliederung der Faktoren hier einmal als allgemein gültig annimmt, hat sicherlich vom praktischen Gesichtspunkt aus vieles für sich. Eine andere Frage, die hier nicht beantwortet werden soll, ist aber, ob es logisch und sachlich berechtigt ist, die historischen Faktoren von den klimatischen, edaphischen und biotischen Faktoren als besonderen Faktorenkomplex abzutrennen und denselben den eigentlichen ökologischen Faktoren (im Sinne von Brenner) gegenüber zu stellen.

Nicht zu folgen vermag ich einer grundsätzlichen Ablehnung der Einteilung in klimatische, edaphische, biotische und historische Faktoren. Die Einwände von Du Rietz haben zweifellos ihre Berechtigung. Auch besitzt die Einteilung insofern Nachteile, als z. B. der Faktor Wasser sowohl in der Gruppe der klimatischen als auch der edaphischen Faktoren auftritt. Während eines Regens, durch Taufall oder an sonnigen Tagen durch Verdunstung wandert das Wasser gewissermaßen dauernd zwischen den beiden Faktorengruppen hin und her. Insofern ist Du Rietz recht zu geben, wenn er die Einteilung als unlogisch bezeichnet. Auch Brenner (1927, S. 151) nimmt einen ähnlichen Standpunkt ein, wenn er sagt, daß

es logisch nicht richtig ist, „die biotischen Faktoren als ebenbürtige Gruppe den physikalischen und chemischen an die Seite" zu stellen, „weil selbstverständlich auch die biotischen Faktoren physikalisch oder chemisch wirken". Es ist ja so, daß die Pflanze überhaupt nur für chemische und physikalische Reize empfänglich ist, wie es auch Yapp (1925, S. 689) betont hat. Alle Standortsfaktoren wirken nur chemisch oder physikalisch, ganz gleich, um welche Faktorengruppe es sich handelt. Dieser Gedanke führt m. E. sogar zwangsläufig zu der von Brenner (1927, S. 148/149) gegebenen Einteilung der Standortsfaktoren nach ihrer Wirkungsart (chemisch und physikalisch), ihrem Wirkungsraum (atmosphärisch oder klimatisch und edaphisch), ihrem Ursprung (biotisch und abiotisch) und nach ihrem zeitlichen Wirken (gegenwärtig und historisch).

Wird die Vegetation in ihrer Abhängigkeit von den Standortsfaktoren studiert, so sind meßbar nur die chemischen und physikalischen Faktoren zu erfassen, und es stellt eine besondere Aufgabe für den Ökologen dar, den Wirkungsraum dieser Faktoren, ihren Ursprung und ihre zeitliche Bedingtheit zu erforschen. Bei Benutzung dieser Einteilung von Brenner, welche die Begriffe „physikalisch, chemisch, klimatisch, edaphisch, biotisch und historisch" beibehält, lassen sich alle Fragen, die sich mit dem Einfluß dieser Faktoren auf die Pflanzenvereine beschäftigen, begrifflich klar festlegen. Auch der Einwand von Du Rietz (1928, S. 8) wird damit berücksichtigt; denn es ist in dieser Einteilung deutlich zum Ausdruck gebracht, daß z. B. auch biotische Faktoren chemisch oder physikalisch wirken können. Einen solchen biotischen Faktor stellt z. B. die Beschattung der Bodenvegetation durch die Bäume im Walde dar. Nach seiner Wirkungsart ist dieser Faktor zu den physikalischen Faktoren zu rechnen und nach seinem Wirkungsraum gehört er den klimatischen Faktoren an. Die Untersuchungen am Standort selbst messen nur den physikalischen Faktor, indem Qualitäts- und Quantitätsänderungen des Lichtes gegenüber unbelaubten Standorten festgestellt werden. Bei allgemeiner Verwendung dieser Einteilung von Brenner würden sicherlich die Ausdrücke „klimatische und edaphische Faktoren", denen zunächst viele begriffliche Unklarheiten anhaften, wie oben zu zeigen versucht wurde, leicht zu fest umrissenen Begriffen umgestaltet werden können. Das vorhin herangezogene Beispiel mit dem Faktor Wasser läßt dies deutlich erkennen. Es gibt eine Reihe von Faktoren, wie z. B. das Licht, die im großen und ganzen stets physikalisch und zugleich atmosphärisch (klimatisch) wirken. Die Feuchtigkeit aber kann sowohl physikalisch-atmosphärischer als auch physikalisch-edaphischer Natur sein. Die Frage, ob der Faktor Wasser ein klimatischer oder edaphischer Faktor ist oder die Schwierigkeit, die dadurch entsteht, daß das Wasser sowohl den klimatischen als auch den edaphischen Faktoren zuzurechnen ist, wird sofort gelöst, wenn eben

die von Brenner getroffene Unterscheidung nach Wirkungsart und Wirkungsraum dieses Faktors Anwendung findet.

„Für die Ökologie ist der Standort das Maßgebende, und die Pflanzenwelt soll von dem Standort aus betrachtet werden" (Lundegardh 1930, S. 424). Dieser Satz ist nach den vorstehenden Ausführungen also so zu verstehen, daß das erste Arbeitsziel des Ökologen die Gewinnung eines Einblickes in die am Standort wirksamen ökologischen Faktoren darstellt und das zweite die Aufklärung des Kausalzusammenhanges zwischen ökologischen Faktoren und Vegetation bedeutet. Streng genommen ist aber natürlich die Vegetation an einem bestimmten Standort auch historisch bedingt und von diesem Gesichtspunkt aus hat Fries (1925, S. 60) recht, wenn er sagt, daß die Pflanzengesellschaften durch sämtliche Standortsfaktoren bedingt sind; denn er selbst bezieht auch die historischen Faktoren in die Standortsfaktoren ein, „die gemeinsam ... die Existenz und Zusammensetzung der Pflanzengesellschaften auf den verschiedenen Standorten bedingen". Standort (im ökologischen Sinn) und Vegetation sind voneinander abhängig. Wangerin (1925, S. 25) möchte aber die Bezeichnung der gegenseitigen Abhängigkeit von Vegetation und Standort nicht als „Kausalzusammenhang" bezeichnet wissen, „da eben der Standort mit seinen physikalischen und chemischen Bedingungen einerseits und die Pflanze mit ihren wechselnden biologischen Bedürfnissen andererseits sich zunächst als unabhängig voneinander gegebene Größen gegenüber stehen und demgemäß die ursächliche Bedingtheit der Pflanzengesellschaft durch die ökologischen Bedingungen immer nur eine indirekte, auf Auslesewirkung beruhende sein kann, solange man wenigstens von einer etwaigen auf direkter Wirkung beruhenden Erwerbung erblicher Neuanpassungen seitens der Pflanze absieht". Wangerin ist deshalb mit Cajander (1923, S. 20 ff.) der Ansicht, daß es zweckmäßiger ist, „statt von einem ursächlichen Zusammenhang von einer Korrelation zwischen Vegetation und Standort zu sprechen". Ökologische Fragen können aber erst dann befriedigend gelöst werden, wenn gleichzeitig die Zusammensetzung der Vegetation des zu untersuchenden Standortes bekannt ist.

Hiermit steht in engem Zusammenhang die Frage nach dem Wesen einer Assoziation. Das Problem liegt darin, ob eine Assoziation allein nach floristischen und physiognomischen Gesichtspunkten oder nur unter Einbeziehung ökologischer Momente zu erkennen ist. So vertreten die Schweizer und die Upsalaer Schule die Ansicht, daß die Assoziation nur floristisch-physiognomisch unter strikter Ausschaltung ökologischer Gesichtspunkte zu fassen ist, während Wangerin sich eng an die Brüsseler Definition des Assoziationsbegriffes anlehnt, die besagt, daß eine Assoziation eine Pflanzengesellschaft ist „von bestimmter floristischer Zusammensetzung, einheitlichen Standortsbedingungen und einheitlicher Phy-

siognomie" (zit. nach Diels 1913, S. 219). Man kann sich den Ausführungen Wangerins zur Begründung dieser Definition nicht verschließen, da ja an der ökologischen Bedingtheit einer Assoziation nicht zu zweifeln ist, also „die Assoziation letzten Endes doch ökologischen Wesens ist" (Wangerin 1925, S. 19). Wangerin kommt weiter zu dem Ergebnis, daß „wohl sachlich kein zwingender Grund gegen eine Einbeziehung der Synökologie in die pflanzensoziologische Begriffs- und Systembildung" besteht. Er stimmt auch durchaus mit Lüdi (1919, S. 9) überein, welcher darauf hinweist, „daß die rein floristische Analyse einer Assoziation demjenigen nur wenig zu sagen vermag, dem die ökologischen Ansprüche der sie zusammensetzenden Arten nicht einigermaßen vertraut sind". Auch Lippmaa (1931, S. 10) steht auf dem Standpunkt, „daß die Assoziationen als ökologische und zugleich floristische Einheiten aufgefaßt werden müssen". Sukatschew (1929, S. 300) geht z. B. davon aus, daß die Assoziation weder ein floristischer, noch ein ökologischer Begriff ist, sondern ein phytosoziologischer. „Die Floristik und die Ökologie sind hierbei nur insofern von Bedeutung, als sie die phytosoziologischen Eigenschaften der Gesellschaft bestimmen." Einen ähnlichen Standpunkt nimmt auch Dziubaltowski (1926) ein, indem er betont, daß neben der floristischen Kennzeichnung auch die Ökologie der Gesellschaft für ihre Charakterisierung unentbehrlich ist.

Meiner Meinung nach ist die Auffassung Wangerins richtig. Der Durchführung dieser Ansicht, die Assoziationen als ökologische und zugleich floristische Einheiten aufzufassen, stehen aber doch noch recht große Schwierigkeiten entgegen. Die Synthese beider Gesichtspunkte kann heute noch nicht vorgenommen werden. Ich bin dabei der gleichen Ansicht wie Kylin (1926, S. 89), der ebenfalls auf dem Boden der Wangerinschen Anschauung steht und meint, daß es gegenwärtig am besten erscheint, die Assoziationen „als floristische Einheiten zu behandeln und zu beschreiben. Nachdem wir die Assoziation kennengelernt haben, müssen wir aber durch Untersuchung der Korrelationen zwischen den floristischen Assoziationen und den Standortsbedingungen unsere Kenntnisse weiter vertiefen". Zimmermann (1931, S. 54) vertritt einen ähnlichen Standpunkt, wenn er sagt, daß „man heutzutage die rein floristische Charakterisierung der pflanzensoziologischen Grundeinheiten vorziehen" wird, „da man sonst das Erkennen der Abhängigkeit der Pflanzenwelt von ihrer Umgebung sozusagen terminologisch vorwegnimmt". Wenn unsere Kenntnisse über die floristische Zusammensetzung der Assoziationen und ihre Ökologie weit genug gefördert sein werden, ist auch die heutzutage noch gültige Ansicht Zimmermanns überholt; denn dann kann man nicht mehr davon sprechen, daß mit der Charakterisierung einer Assoziation nach floristischen und ökologischen Gesichtspunkten

das Ziel der Untersuchung terminologisch vorweggenommen wird. Selbstverständlich ist es möglich, wie ja die Ergebnisse der Schweizer und Upsalaer Schule zeigen, natürliche Vegetationseinheiten auch ohne Rücksicht auf ihre ökologischen Bedingtheiten zu erkennen. Aber das Endziel naturwissenschaftlicher Forschung ist ja in keinem Fall nur Beschreibung der beobachteten Tatsachen, sondern besteht in der Aufdeckung des kausalen Zusammenhanges.

So wird z. B. die sehr häufig diskutierte Frage, ob die Assoziationsgrenzen in der Natur immer scharfe sind, oder ob allmähliche Übergänge vorkommen oder in der Natur beide Fälle vorhanden sind, erst dann befriedigend zu beantworten sein, wenn ausreichendes ökologisches Material hierüber vorliegt. Die Tatsachen als solche können auf floristischem Wege schon jetzt gesammelt werden; aber erst eine ökologische Betrachtung in Verbindung mit der floristischen kann die Korrelationen zwischen Vegetation und den ihre Grenzen beeinflussenden Faktoren aufzeigen.

Trotz der Ausschaltung aller ökologischen Momente aus der pflanzensoziologischen Begriffsbildung können sich die Schweizer und Upsalaer Schule doch allen ökologischen Gesichtspunkten nicht entziehen Dies zeigt sich bei der Schweizer Schule am besten daran, daß den Charakterarten, die etwas rein Soziologisches darstellen, ein bestimmter ökologischer Wert beigemessen wird. „Die charakteristische Artenverbindung ist der Grundstock, das floristisch Wesentliche, der Artenkern jeder Assoziation. Fast unmeßbare Änderungen in der Gesellschaftsökologie werden zuerst durch Änderungen in der charakteristischen Artenverbindung angezeigt" (Braun-Blanquet 1931/32, S. 177). Liegt die gleiche Kombination von Charakterarten an zwei verschiedenen Lokalitäten vor, müssen dementsprechend auch die ökologischen Bedingungen an diesen beiden Standorten die gleichen, zumindest aber ähnliche sein. Somit stellen die Charakterarten einen Ausdruck dar für die an einem Standort herrschenden ökologischen Verhältnisse. „Die Auswertungsmöglichkeit der Pflanzengesellschaft als Zeiger der Standortsverhältnisse beruht auf der Kenntnis ihres Lebenshaushaltes und nimmt in dem Maße zu, wie die ökologische Forschung fortschreitet" (Braun-Blanquet 1931/32, S. 178).

Von hier aus betrachtet sind eigentlich die Auffassungsdifferenzen über das Wesen einer Assoziation als floristische oder floristisch-ökologische Vegetationseinheit gar nicht mehr so groß. Kylin, der, wie bereits erwähnt, durchaus auf dem Boden der Auffassung der Assoziation als floristisch-ökologischer Einheit im Sinne Wangerins steht, hält (s. o.) es gegenwärtig für das richtigste, die Assoziation „als floristische Einheit zu behandeln und zu beschreiben. Nachdem wir die Assoziationen kennengelernt haben, müssen wir aber durch Untersuchung der Korrelationen zwischen den floristischen Assoziationen und den Standortsbedingungen unsere

Kenntnisse weiter vertiefen". Diesen Weg geht ja auch schließlich Braun-Blanquet, wenn er die Assoziation als rein floristische Vegetationseinheit mit einer charakteristischen Artenkombination betrachtet und dann der charakteristischen Artenkombination einen bestimmten ökologischen Wert beimißt als Zeiger der Standortsverhältnisse. Hier muß natürlich eine ökologische Untersuchung der betreffenden Assoziation einsetzen, da sie erst die Möglichkeit liefert, „die Pflanzengesellschaften als Zeiger der Standortsverhältnisse" (Braun-Blanquet 1931/32, S. 178) auszuwerten. Ein solcher Standpunkt führt folgerichtig zur Ansicht von Wangerin (1922, S. 579), „daß zum Begriff der Pflanzengesellschaft der durch die Umwelt, das Milieu, bedingte Haushalt als unerläßlicher Bestandteil gehört, daß die Existenz ... der Pflanzenvereine vornehmlich in den ökologischen Verhältnissen ihre Erklärung findet".

Von hier bis zu den ökologischen Voraussetzungen der Waldtypenlehre von Cajander ist nur ein kleiner Schritt. Cajander geht von dem Konkurrenzkampf der einzelnen Arten aus, und „mit logischer Notwendigkeit muß das Endresultat des Kampfes an gleichwertigen Standorten dasselbe werden, d. h. an biologisch gleichwertigen Standorten muß zuletzt derselbe Pflanzenverein resultieren" (Cajander und Ilvessalo 1922, S. 3). Für den Ausdruck „biologisch gleichwertig" hätte man ebensogut „ökologisch gleichwertig" setzen können. Der Waldtyp erscheint Cajander somit als „Gesamtexponent der Wirkung aller Standortsfaktoren auf den gegenseitigen Kampf der Pflanzenarten — das Klima dabei mit zu den Standortsfaktoren gerechnet — und die Bodenart hat nur soweit Bedeutung, als sie unmittelbar oder mittelbar als Standortsfaktor oder -faktorenkomplex einwirkt" (Cajander und Ilvessalo 1922, S. 21). Wenn Brenner (1921) zu dem Schluß kommt, daß an biologisch gleichwertigen Standorten durchaus nicht immer derselbe Pflanzenverein zur Ausbildung gelangt, muß er aber doch zugeben, daß die Umkehrung dieses Satzes gültig ist, daß also diejenigen Standorte, wo derselbe Pflanzenverein herrscht, wohl gegenüber allen Pflanzenvereinen dieser Art als biologisch gleichwertig betrachtet werden können.

Ohne gleichzeitige floristische Beschreibung einer Pflanzengesellschaft ist also auch deren ökologische Charakterisierung von geringerem Wert. Es genügt aber vom ökologischen Standpunkt aus, daß die Beschreibung der Vegetation so erfolgt, daß daraus der Pflanzensoziologe die nötigen Schlußfolgerungen über den Aufbau der Assoziation ziehen kann oder jedenfalls aus den floristischen Aufzeichnungen hervorgeht, zu welcher Assoziation (im floristischen Sinne) derjenige Bestand gehört, an dem die ökologischen Untersuchungen ausgeführt worden sind. Nach Zimmermann (1931, S. 43) ist die Beschreibung der Pflanzenbestände nicht einmal eine „Wissenschaft an sich", sondern es gilt ihm dabei nur, „das Tat-

sachenmaterial zur Lösung weiterer, z. B. kausaler Probleme möglichst eingehend zu erfassen". Ich glaube, daß der Ökologe ohne Handhabung des Assoziationsbegriffes und der übrigen rein soziologischen Begriffe auskommt und sich mit der Kennzeichnung eines Pflanzenbestandes einfach als Verbindung von Pflanzen zunächst begnügen kann. Das Ziel jeder Untersuchung besteht aber immer in der Verallgemeinerung der erzielten Ergebnisse. Dies ist jedoch dem Ökologen nur möglich, wenn er von dem Bestand, an dem er seine Untersuchungen vorgenommen hat, weiß, daß er eine gesetzmäßig wiederkehrende Verbindung von Pflanzen darstellt. In dem so nach Rübel (1912, S. 86) aufgefaßten Begriff eines Pflanzenbestandes ist den Ansprüchen des Ökologen für die Darstellung der Vegetation m. E. genügt. Es kann dem Ökologen dabei zunächst gleichgültig sein, ob der Pflanzenbestand, den er an einer größeren Reihe von Lokalitäten in gleicher oder ähnlicher Weise ausgebildet findet, einer bestimmten Assoziation (im floristischen Sinne) angehört oder vielleicht eine Durchdringung zweier oder mehrerer Assoziationen oder Fragmente derselben darstellt. Dies im einzelnen festzustellen, ist Aufgabe des Pflanzensoziologen. So habe ich die an den einzelnen von mir untersuchten Standorten aufgefundene Vegetation in einem Auenwald bei Halle nach der Quadratmethode der Upsalaer Schule aufgenommen, um damit ein Bild von den Vegetationsverhältnissen zu geben, und unter Benutzung der gleichen Aufnahmemethodik versucht, an ähnlichen Standorten ähnliche Bestände wieder zu finden. Dabei ergab sich, daß auch in anderen Auenwäldern in der näheren Umgebung von Halle in ihren Hauptzügen ähnliche Pflanzenbestände auftreten. Ich kann also daraus schließen, daß die an dem ersten Standort beobachteten ökologischen Verhältnisse auf die anderen Standorte übertragen werden können, weil der gleiche Pflanzenbestand immer an ökologisch (biologisch) gleichwertigen Standorten zur Ausbildung gelangt, oder wie Hesselmann (1904, S. 448) es ausgedrückt hat, „eine gleiche Kombination von Kräften" vorstellen. Es ist dabei von minderem Interesse, wie diese verschiedenen Einzelbestände soziologisch nach floristischen Grundsätzen zu klassifizieren sind.

Selbstverständlich muß mitunter auch eine Abgrenzung mehrerer Bestände gegeneinander vorgenommen werden können. Hier läßt man sich am besten von rein floristisch-physiognomischen Gesichtspunkten leiten und faßt einen Bestand dann als von einem anderen verschieden auf, wenn er eine floristisch andere Zusammensetzung aufweist oder seine Physiognomie ändert. Nach diesen Grundsätzen ist auch die von mir angefertigte Vegetationskarte des untersuchten Gebietes gezeichnet worden. Wenn z. B. in einen Rubusbestand ein Bestand von Carex gracilis eingezeichnet worden ist, so ist dies aus zwei Gründen geschehen. Die floristische Zusammensetzung hat eine Änderung erfahren und auch physiogno-

misch ist ein anderer Ausdruck entstanden durch das Herausragen der Blätter von Carex gracilis aus dem Rubusbestand. Es heißt dies also nicht, daß an dieser Stelle Rubus verschwindet. Dazu hätten besondere Grenzen für jede einzelne Art eingezeichnet werden müssen. Es heißt eben nur, der betreffende Fleck hebt sich physiognomisch durch das Auftreten von Carex gracilis aus seiner Umgebung heraus. Die näheren Erläuterungen zur Vegetationskarte sollen die Bestandesaufnahmen geben, die über die Verhältnisse im einzelnen unterrichten. Aus gleichen Gründen sind z. B. auch die Grenzen des Unterholzes von der Brennessel gesondert dargestellt. Im Gebiet des Unterholzes (Ulmus campestris) weisen die Brennesselbestände meist eine ähnliche Zusammensetzung auf wie außerhalb desselben. Hier war also vor allem die physiognomische Änderung durch das Zurücktreten des Unterholzes maßgebend. Die floristische Änderung ist in dem Fehlen von Ulmus zu erblicken. Andererseits sind in den hauptsächlich durch Ranunculus repens und Agrostis stolonifera (alba) charakterisierten Teilen des untersuchten Gebietes keine gesonderten Bestände von Ranunculus und Agrostis eingezeichnet worden, weil in nahezu reinen Agrostis- oder Ranunculusbeständen immer noch geringe Beimengungen der anderen Art enthalten sind und auch die Physiognomie keine wesentlichen Änderungen erfährt. Das Auftreten von Calamagrostis lanceolata oder Urtica dioica in dem sonst von Ranunculus repens und Agrostis stolonifera charakterisierten Bezirk ändert sofort den physiognomischen Eindruck, wenn auch sonst Ranunculus oder Agrostis in genau gleichen Mengenverhältnissen unter diesen Pflanzen auftreten mögen. Für Standorte mit Vorherrschen von Ranunculus repens im einen Fall und Mentha aquatica im anderen Fall ist bei Zeichnung der Karte keine andere Schraffierung gewählt worden, obwohl hier die floristischen Unterschiede in einem ähnlichen Verhältnis zueinander stehen wie zwischen den erwähnten Unterholz- und Urticabeständen. Der Grund dafür liegt darin, daß im ersten Beispiel die Physiognomie nicht die grundlegenden Änderungen aufweist wie im zweiten. Die Änderung der floristischen Zusammensetzung, soweit sie Ranunculus und Mentha betrifft, ist deshalb nur durch eine Linie angedeutet. Ich glaube, daß die angeführten Fälle genügen werden, um das Prinzip erkennen zu lassen, nach dem die einzelnen Vegetationsbezirke auf der Karte abgegrenzt worden sind.

Schließlich ist noch die Frage zu beantworten, ob bei der Durchführung einer ökologischen Untersuchung besser von dem Studium des Standortes (hier als Inbegriff der ökologischen Faktoren) oder der Vegetation auszugehen ist. Abzulehnen ist eine Erforschung des Standortes unabhängig von der Vegetation, weil ja die Vegetation wesentlich von den Standortsverhältnissen abhängig

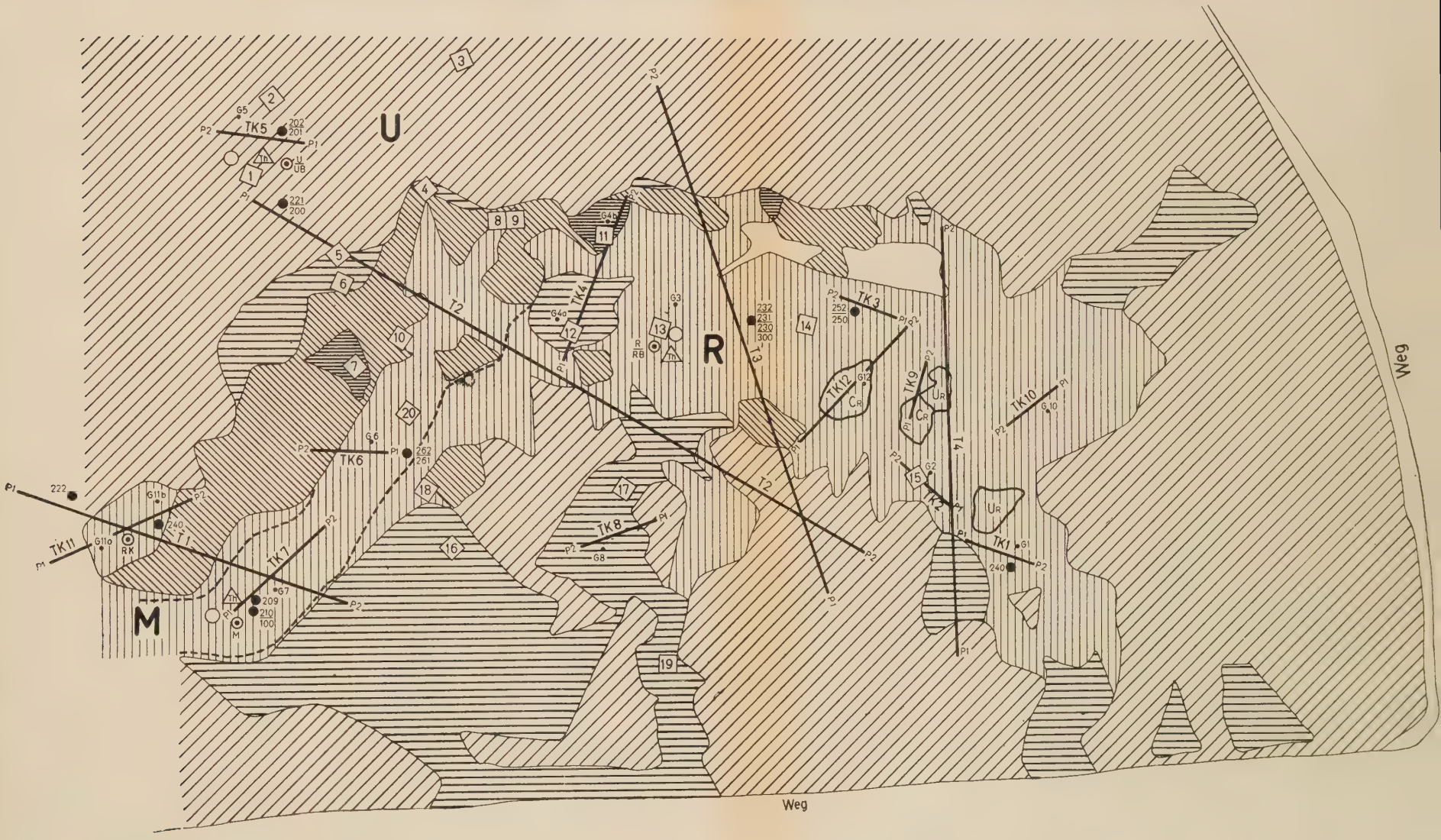
ist. „Es sollen entweder die Pflanzenvereine usw. studiert werden unter gleichzeitiger Berücksichtigung der standörtlichen Bedingungen derselben, oder aber die verschiedenen Standorte mitsamt ihrer Einwirkung auf die Art und Zusammensetzung der Vegetationsdecke, sowie auf die Art und Gruppierung der Pflanzengesellschaft in der Natur. Im ersten Fall geht man von den Pflanzengemeinschaften aus, im zweiten von den Standorten. Beide Verfahren sind gleichberechtigt." Cajander (1922). Markgraf (1922) hat bei der Untersuchung des Bredower Forstes bei Berlin den ersten Weg gewählt. „Die Gesamtheit der Standortsbedingungen wird nur dadurch der Beurteilung zugängig, daß man sie einzeln beobachtet. Ich habe demnach zuerst für sich die klimatischen Faktoren zu behandeln, dann die Bodeneinflüsse. Darauf soll ihre Wirkung auf die Vegetation geschildert werden, ..." (Markgraf 1922, S. 2). Ich habe für meine Darstellung den zweiten Weg gewählt, und zwar mit Rücksicht auf den Zweck dieser Untersuchung. Wenn die ökologischen Verhältnisse einer Pflanzengesellschaft des Auenwaldes dargestellt werden sollen, ist dies nicht möglich, ohne vorher die Pflanzengesellschaft selbst zu kennen. Die Benutzung des zweiten Weges hat auch den Vorteil, daß hier dem bereits erwähnten Einwand von Brenner (1921) begegnet wird, wonach mit Sicherheit nur die Umkehrung des Satzes gültig ist, daß an biologisch gleichwertigen Standorten sich immer derselbe Pflanzenverein ausbildet. Nimmt man an, daß dieser Einwand zu recht besteht, ist es nicht möglich, die gewonnenen Ergebnisse in ökologischer Hinsicht zu verallgemeinern, wenn sich nachträglich herausstellt, daß der untersuchte Standort keinen für den Auenwald typischen Pflanzenverein besitzt. Beide von Cajander vorgezeichneten Wege kommen aber zu analogen Ergebnissen und haben die gleiche Voraussetzung, daß nämlich „eine vollständige Erkenntnis der Pflanzengesellschaften ohne Berücksichtigung der Standortsverhältnisse ebenso unmöglich ist wie die Gewinnung einer allseitigen Erkenntnis der Standortsverhältnisse ohne Berücksichtigung der Vegetation" (Cajander 1922); verschieden ist bei beiden nur der Arbeitsgang.

Es wird bei ökologischen Untersuchungen nie möglich sein, alle Standortsfaktoren gleichmäßig zu erfassen. „Je weniger man in die Standortsverhältnisse eindringt, in desto größerem Maße muß man sich mit komplexen Faktoren begnügen. Die Zerteilung dieser einfachen Faktoren ist eine wichtige Aufgabe der empirischen Standortsforschung" (Brenner 1927, S. 152). Dadurch wird natürlich der Wert ökologischer Beobachtungen am Standort nicht im geringsten vermindert. „Die Registrierung der Umwelt der Pflanze ist aber nur die eine Aufgabe der experimentellen Ökologie. Die andere Aufgabe ist die Bestimmung der physiologischen Wirkung der Faktoren" (Lundegardh 1930, S. 9). Auch Sukatschew (1926, S. 6) meint, daß die stationären Untersuchungen, wieviel sie

auch geben mögen, „was die Gesellschaft als Ganzes betrifft, eine Methode der Beobachtung" bleiben. „Die Einführung des Experiments auch in dieses Gebiet ist eine Notwendigkeit". Farrow (1925, S. 137) steht allerdings der experimentellen Ökologie recht skeptisch gegenüber, weil im Laboratorium viele Faktoren von den natürlichen Verhältnissen verschieden sind und somit die große Gefahr besteht, daß die erhaltenen Ergebnisse in einer dem Forscher unbekannten Art und Weise verändert oder sogar in ihr Gegenteil verkehrt werden können, als sie sich bei Untersuchung unter natürlichen Verhältnissen darstellen würden. Lundegardh (1930, S. 9) berücksichtigt derartige Gedankengänge bei seinen Ausführungen und sieht die Vorbedingungen einer erfolgreichen experimentellen Arbeit darin, „daß man sozusagen das Laboratorium in das natürliche Milieu der Pflanze versetzt ... Erst wenn ... der physiologische Apparat selbst für den Gebrauch im Freien eingerichtet ist, hat man das Ziel experimental-ökologischer Methodik völlig erreicht." Zur Auswertung der Beobachtungen am Standort sind die Methoden der experimentellen Ökologie unerläßlich. Wie die vorliegende Untersuchung zeigt, haben sich bei den Standortsbeobachtungen eine ganze Reihe von Fragen ergeben, die endgültig nur auf experimentellem Wege gelöst werden können.

In der vorliegenden Arbeit werden also zunächst die Vegetationsverhältnisse zu schildern sein, besonders im Hinblick darauf, daß für die Auswahl der Beobachtungsorte typische Standorte ausgesucht worden sind. Sodann sind die Ergebnisse der ökologischen Beobachtungen darzustellen und schließlich sind die Korrelationen zwischen Standort und Vegetation zu besprechen.

Vegetationskarte des untersuchten Gebietes auf der Rabeninsel



Leitpflanzen:

- Ulmus camp (Unterholz), Urtica di
- Urtica di
- Rubus caes
- Ranunculus rep ; Mentha aquatica
- UR Ranunculus rep. u Urtica di.
- CR Ranunculus rep. u. Calamagrostis lanc.
- Carex grac

Zeichenerklärung:

- Grundwasserrohr
- Entnahmeorte der Bodenproben
- Entnahmeorte für H_2O-Bestimmungen
- Messort für Luft-u. Bodentemp
- P1—P2 Taxierungslinie
- 1 Quadrat
- Standort für Lichtmessungen
- Grenze Ramunculus rep.-Mentha aqu

- U Urtica - Standort
- R Ranunculus - St
- M Mentha - St

Die Vegetationsverhältnisse.

Topographie der Rabeninsel und des dort untersuchten Gebietes.
(Vgl. hierzu die anliegende Vegetationskarte.)

Die Rabeninsel ist eine kleine, ungefähr 1950 m lange und 375—700 m breite Insel am Rande des südwestlichen Teils des Stadtgebietes von Halle, unmittelbar westlich der Gemeinde Böllberg. Sie trägt ihren Namen nach den zahlreichen Krähenschwärmen, die auch heute noch diese Insel als Übernachtungsplatz aufsuchen. Am rechten Ufer der Insel führt die Schiffsaale vorbei, und das westliche und nördliche Ufer werden von einem flacheren Nebenarm, der Wilden Saale, umflossen. Nach dem Zusammentritt beider Flußarme teilt sich die Saale ungefähr 1 km unterhalb wiederum in zwei Arme, was sich bis zum Austritt der Saale aus dem Stadtgebiet von Halle bei Trotha mehrfach wiederholt, sodaß der westliche Rand der Stadt Halle eine Reihe von ähnlichen Inselbildungen wie die Rabeninsel aufweist, die auch in ihrer floristischen Zusammensetzung sich im großen und ganzen gleichen. Die nördlichste (Saalwerder bei der Schleuse Trotha) und die südlichste (Rabeninsel) der Inseln sind in ihrer Vegetation am ursprünglichsten, da sie nicht in Anlagen oder Wiesen unter starker Verminderung des ursprünglichen Baumbestandes umgewandelt worden sind wie die zwischen ihnen liegenden Inselbildungen (Pulverweiden, Sandanger, Nachtigalleninsel).

Die Rabeninsel erhebt sich nur wenig über den mittleren Hochwasserspiegel der Saale, was sich früher dadurch bemerkbar machte, daß bei jedem Hochwasser kleinere oder größere Teile der Rabeninsel, vor allem im nordwestlichen Teil, überflutet wurden. Durch Erhöhung der Uferböschungen sind aber Überschwemmungen der Rabeninsel jetzt selten geworden. Häufig sind heute an den tieferliegenden Stellen der Rabeninsel Überflutungen durch aufsteigendes Grundwasser (Druckwasser). Typisch für diese Stellen ist, daß die Ulme (*Ulmus campestris*), die die herrschende Baumart auf der Rabeninsel darstellt, hier zurücktritt und durch lichter stehende Pappeln (*Populus nigra*) ersetzt wird.

Diese tieferliegenden Orte stellen kleine, flache Bodensenken dar. Ihre Längsausdehnung ist im Verhältnis zu ihrem Durchmesser relativ groß; sie sind meist 60—120 m lang und 10—25 m breit. Eine solche Senke ist von mir untersucht worden. Um ihre Gestalt näher kennenzulernen, habe ich durch das Gebiet ein Nivellement

gelegt. Die Messungen sind längs der großen Taxierungslinien, die für die Bestandesaufnahmen angelegt wurden und die hier in diesem Fall Profillinien gleichkommen, alle 40 cm durchgeführt. Tab. 1 enthält Auszüge aus den Messungen, indem jedesmal nur die Höhen

Tabelle 1.

Nivellement.
(Standort Rabeninsel)

T : Taxierungslinie
P_1 : Anfangspunkt der Taxierungslinie
P_2 : Endpunkt der „
H. P.: Höchster Punkt der „
N. P.: Niedrigster Punkt der Taxierungslinie

		Höhe über N.N.	m der T.	Vegetationsgrenze	Diff. z. H. P.
T 1	P_1	72,166	0,00		5,5
	H.P.	72,221	2,80		0,0
		72,161	4,40	Unterholz-Ranunculus	6,0
		72,058	8,00	Ranunculus-Rubus	16,3
		71,973	11,20	Rubus-Ranunculus	24,8
		71,946	12,00	Ranunculus-Mentha	27,5
	N.P.	71,817	14,80		40,4
		71,920	17,20	Mentha-Ranunculus-Urtica	30,1
	P_2	72,051	18,80		17,0
T 2	P_1 (H.P.)	72,528	0,00		0,0
		72,091	5,60	Unterholz-Urtica	43,7
		72,008	7,60	Urtica-Rubus	52,0
		71,977	9,60	Rubus-Mentha	55,1
	N.P.	71,896	12,40		63,2
		71,980	15,60	Mentha-Ranunculus	54,8
		72,213	23,60	Ranunculus-Urtica	31,5
		72,209	28,00	Urtica-Ranunculus	31,9
		72,153	29,60	Ranunculus-Unterholz	37,5
	P_2	72,283	40,00		24,5

für den Anfangs- und Endpunkt, den höchsten und niedrigsten Punkt sowie für wichtige Punkte zweier Taxierungslinien, die durch bestimmte Vegetationsgrenzen markiert sind, hier aufgeführt wurden. Der topographische Aufbau des Gebietes läßt sich aus diesen Zahlen klar erkennen. Die Niveauunterschiede bei den einzelnen Linien betragen 40—63 cm. Der höchste (T 3, P 2) und niedrigste (T 4, m 21,20) Punkt des untersuchten Geländes weisen einen Höhenunterschied von 95 cm auf. Kleine Bodensenken dieser Art findet man nicht nur auf der Rabeninsel, sondern auch in den Auenwäldern zwischen Elster und Luppe, südwestlich von Halle zwischen Ammendorf (südlich von Halle, Staatsstraße nach Thüringen) und Leipzig.

Die höher gelegenen Stellen mit ihrer in den Auenwäldern der hallischen Umgebung vorherrschenden Vegetation ökologisch zu

untersuchen. wurde als Hauptaufgabe angesehen, während die Verhältnisse in der Senke selbst mit ihrer andersartig zusammengesetzten Vegetation Möglichkeiten des Vergleichs liefern sollten. Es handelt sich in diesem Falle im wahrsten Sinne des Wortes um eine Untersuchung auf kleinstem Raum.

Vegetationsverhältnisse in den Auenwäldern der Umgegend von Halle.

Die Vegetationsstudien in den Auenwäldern der Umgebung von Halle beschränkten sich auf den Nachweis der Ähnlichkeit in der floristischen Zusammensetzung des untersuchten Gebietes auf der Rabeninsel mit den erwähnten Auenwäldern.

Bestandesaufnahmen sind in den Auenwäldern zwischen Döllnitz und Burgliebenau, in den Wäldern bei Ermlitz (Gebiet der Weißen Elster), Dölkau (Unterlauf der Luppe), Collenbey (Mündungsgebiet der Luppe), Passendorf (unmittelbar südlich des Ortes, westlich von Halle, Saalegebiet) und in einem Wäldchen südwestlich von Wörmlitz (im Gebiet des Westbogens der Saale oberhalb von Wörmlitz) gemacht worden. Die ersten Bestandesaufnahmen sind nach der Quadratmethode unter Zugrundelegung einer Probefläche von 1 qm durchgeführt worden. Die Quadrate wurden in den untersuchten Gebieten möglichst gleichmäßig verteilt und nur an solchen Stellen angelegt, die physiognomisch ein einheitliches Bild boten.

Schon beim ersten Überblick über die einzelnen Bestandesaufnahmen sind einige fast regelmäßig vorhandene Arten feststellbar, wie z. B. Galium aparine, Glechoma hederacea, Urtica dioica, Milium effusum, Poa nemoralis oder Festuca gigantea (Tab. 2). Die übrigen Arten treten meist mehr oder weniger stark zurück oder sind nur von lokaler Bedeutung, wie z. B. Lamium maculatum in dem Wäldchen bei Wörmlitz. Die Bestandesaufnahmen lassen sich deutlich in zwei Gruppen ordnen, die einmal durch das Vorherrschen von Urtica dioica und Glechoma hederacea und das andere Mal durch das Dominieren der oben erwähnten Gramineen charakterisiert sind. Die erste Gruppe möchte ich als „Urtica-Typ" bezeichnen, weil Urtica dioica hier die die Physiognomie bestimmende Art darstellt und die zweite Gruppe mit dem Ausdruck „Gramineen-Typ" in entsprechender Weise belegen.

Wangerin (1915, S. 177) hat für die „in hoher Frequenz und starker Mengenentwicklung auftretenden Hauptbestandesbildner" (Wangerin 1926/27, S. 184) den Ausdruck „Leitpflanzen" geprägt. Dieser Begriff hat also einen im wesentlichen physiognomischen Inhalt. Auch Tessendorf (1922) gebraucht in Übereinstimmung mit Wangerin die Bezeichnung „Leitpflanze" für die

der Menge nach stärker tonangebenden und deshalb auch für die Physiognomie wesentlichen Bestandteile der Vegetation. Markgraf (1922, S. 47) bezeichnet dagegen diejenigen Arten, „die in den betreffenden Vereinen stets auftreten und ihre Physiognomie bestimmen, auch wenn sie in anderen Vereinen ebenfalls vorkommen" als „Charakterpflanzen". Ich möchte aber die Bezeichnung „Leitpflanze" für die Pflanzen, welche die von mir unterschiedenen Typen charakterisieren, vorziehen, um den Unterschied gegenüber dem Begriff der „Charakterart" nach Braun-Blanquet auch in der Ausdrucksweise deutlich zu machen.

Zum Urtica-Typ gehören die Quadrate Döllnitz 1—3, Collenbey 3—5, Passendorf 1 und Wörmlitz 1 und 3 (Tab. 2). Eine in den genannten Quadraten regelmäßig auftretende Art ist neben Urtica dioica noch Glechoma hederacea. Ich habe deshalb auch diejenigen Quadrate zum Urtica-Typ gerechnet, in denen Urtica dioica physiognomisch und mengenmäßig zurücktritt und Glechoma hederacea bei Fehlen von Gramineen das Vegetationsbild bestimmt. Hierzu gehören die Quadrate Collenbey 1 und 2 sowie Passendorf 2. Neben den beiden bereits genannten Arten treten in den angeführten Arten des Urtica-Typs noch häufig Circaea lutetiana, Geum urbanum und Galium aparine auf. Die Quadrate Wörmlitz 2 und 4 sind ebenfalls zum Urtica-Typ gestellt worden, obwohl hier Urtica dioica stark zurücktritt und Glechoma hederacea ganz fehlt. Die Gründe hierfür sind vor allem in dem fast vollständigen Fehlen der Gramineen und dem Vorhandensein charakteristischer Pflanzen des Urtica-Typs, wie Geum urbanum und Stachys silvatica, zu sehen. Zieht man nun einen Vergleich zu den zur selben Zeit auf der Rabeninsel durchgeführten Bestandesaufnahmen, so kommt man zu der Feststellung, daß hier die Quadrate 1—4 (Tab. 2) ebenfalls zum Urtica-Typ zu stellen sind. Führt man für die aufgezählten 18 Quadrate eine Konstanzbestimmung durch, dann sind die Verhältnisse klar zu überschauen. In der Konstanzklasse 5 (80—100%) stehen Urtica dioica und Glechoma hederacea. In der Konstanzklasse 4 (60—80%) sind zu finden Circaea lutetiana sowie Galium aparine und in der Konstanzklasse 3 (40—60%) schließlich Ulmaria filipendula, Geum urbanum und Stachys silvatica. Alle übrigen Arten sind in den Konstanzklassen 1 und 2 (0—20%, 20—40%) enthalten oder fehlen sogar ganz.

Der zweite oben unterschiedene Typ ist als „Gramineen-Typ" bezeichnet worden, weil hier Milium effusum, Poa nemoralis oder Festuca gigantea entweder einzeln oder zusammen mit der einen oder beiden Arten die Leitpflanzen darstellen. Es ist nun nicht so, daß Gramineen in dem Urtica-Typ überhaupt nicht auftreten (vgl. z. B. Qu. Döllnitz 3); aber sie treten doch

Tabelle 2.

Bestandesaufnahme Anfang Oktober 1931. (Quadratgröße: 1 qm). (Deckungsgrad nach Hult-Sernander).

Nr.	Art	Rabeninsel Quadrat-Nr. 1	2	3	4	5	Döllnitz Quadrat-Nr. 1	2	3	4	5	6	Collenbey Quadrat-Nr. 1	2	3	4	5	6	Passendorf Quadrat-Nr. 1	2	3	4	5	6	Wörmlitz Quadrat-Nr. 1	2	3	4	5	6
1.	Ranunculus repens L.	—	—	—	—	—	—	—	—	2—3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	1	—	—	—	—
2.	Alliaria officinalis Andr.	—	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—	4—5	2	—	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3.	Melandryum rubrum Gcke.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4.	Stellaria media Cyr.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	1
5.	Stellaria holostea L.	—	—	—	—	—	2—3	—	—	1	1	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6.	Malachium aquaticum Fries	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7.	Geranium Robertianum L.	—	—	—	—	—	1—2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	1—2	—	—	1	—	3	—	—
8.	Impatiens noli tangere L.	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9.	Rubus caesius L.	—	—	—	—	—	2—3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	2	—	1—2	—	—
10.	Geum urbanum L.	0—1	0—1	—	1	2	1	2	—	—	—	2	—	—	—	—	1	1	—	1	1	—	—	2	—	1	1	1	—	—
11.	Potentilla reptans L.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
12.	Ulmaria filipendula Hill	1	—	—	1	1	—	1	1	—	2	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	1	—	—	—
13.	Circaea lutetiana L.	1	1	1	1	—	2	2	—	—	—	—	—	1	4	1	2	—	2—3	1	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—
14.	Aegopodium podagraria L.	—	—	—	—	1	—	—	1	1	2	—	—	—	1	—	—	—	—	—	3	—	2	4	—	—	—	—	—	—
15.	Anthriscus silvestris Hffm.	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	2	1	—	—	1	2	—	—
16.	Chaerophyllum temulum L.	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17.	Galium aparine L.	—	1	—	1—2	1	—	1	—	1	—	—	2	2—3	—	—	—	1—2	1	1	1	—	1	1	3—4	1	2	1	1—2	2
18.	Taraxacum officinale Web.	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
19.	Lactuca muralis Lssg.	—	—	—	—	—	0—1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	0—1	—	—	—	—	—	—
20.	Symphytum officinale L.	—	—	—	—	—	—	—	—	2	1—2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21.	Scrophularia nodosa L.	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—
22.	Lycopus europaeus L.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
23.	Glechoma hederacea L.	4	5	5	2	3—4	4	3	3	1	2	—	2—3	3	2—3	5	4	3	2—3	1—2	—	1—2	2	1	2	—	2—3	—	1	2
24.	Lamium maculatum L.	—	—	—	—	—	—	—	3—4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	3	1	—	1	4	2	4	2—3	3—4	2
25.	Lamium album L.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1
26.	Galeopsis tetrahit L.	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
27.	Stachys silvatica L.	1	—	—	1	—	1	3	—	—	—	—	—	1	—	—	2	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
28.	Brunella vulgaris L.	—	—	—	—	1	—	—	—	0—1	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1—2	—	2—3	—	—	1	—
29.	Ajuga reptans L.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30.	Lysimachia nummularia L.	1	—	—	—	—	—	—	1	—	2	2	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
31.	Plantago major L.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—
32.	Rumex sanguineus L.	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0—1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
33.	Urtica dioica L.	4	3—4	5	2	1	3—4	3	3	—	—	—	2	1—2	3	5	3	1	3	1	—	1	—	—	2—3	0—1	3	1	1	3
34.	Ulmus campestris L.	—	—	1	1	—	—	1	—	—	0—1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
35.	Carex silvatica Huds.	—	—	—	1	—	—	—	3	—	—	—	1	2—3	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
36.	Carex remota L.	—	—	—	—	1	0—1	1	—	—	—	1	—	1	1	—	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
37.	Agrostis stolonifera Meyer	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—
38.	Milium effusum L.	—	—	—	—	1	—	—	2	4	4	4	1	1	2	—	—	2	—	—	1	3—4	4	4—5	—	—	—	1	2	4
39.	Poa nemoralis L.	—	—	—	—	1—2	—	1	1	2	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—	3—4	3	3—4	4	1	—	—	—	2	2
40.	Festuca gigantea Vill.	—	—	—	—	1	—	—	—	2	1	3	1	—	1	—	—	—	—	1	1	3	2—3	3	—	—	0—1	—	—	2
41.	Triticum caninum L.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—

physiognomisch hinter Urtica dioica zurück. Ebenso verhält es sich natürlich mit den typischen Pflanzen des Urtica-Typs in bezug auf den Gramineen-Typ. Zum Gramineen-Typ sind die Quadrate Döllnitz 4—6, Collenbey 6, Passendorf 3—6 und Wörmlitz 5 und 6 gerechnet worden. Ein Vergleich mit den entsprechenden Aufnahmen der Rabeninsel zeigt, daß dieser Typ auch hier vorhanden ist (Qu. 5). Führt man für diese 11 Quadrate wiederum eine Konstanzbestimmung durch, so sind in der Konstanzklasse 5 enthalten: Milium effusum, Festuca gigantea, Poa nemoralis und Glechoma hederacea. Die Konstanzklasse 4 umfaßt nur Calium aparine, und in der Konstanzklasse 3 treten auf: Urtica dioica, Brunella vulgaris, Aegopodium podagraria und Lamium maculatum.

Wie hieraus hervorgeht, haben beide Typen zwei Arten in den Konstanzklassen 3—5 gemeinsam, und zwar Glechoma hederacea in der höchsten Konstanzklasse und Urtica dioica in der Konstanzklasse 3. Für Glechoma hederacea geht aus den vorliegenden Bestandesaufnahmen hervor, daß diese Art in beiden Typen gleich häufig ist, wenn sie auch bei ihrem Auftreten innerhalb des Urtica-Typs meist höhere Deckungsgrade aufweist. Urtica dioica ist dagegen nur in 45% aller Quadrate des Gramineen-Typs vorhanden und tritt auch dort in Menge stark zurück. Deutliche Unterschiede zwischen beiden Typen sind weiter insofern vorhanden, als Circaea lutetiana (Konstanzklasse 4 des Urtica-Typs) in den durch Gramineen als Leitpflanzen gekennzeichneten Quadraten nie gefunden wurde. Auch einige Arten aus den niederen Konstanzklassen scheinen im wesentlichen auf den Urtica-Typ beschränkt zu sein, wie Stachys silvatica und Impatiens noli tangere. Ebenso sind auch Arten vorhanden, die in der Hauptsache im Gramineen-Typ aufgefunden worden sind, wie Brunella vulgaris, Aegopodium podagraria oder Symphytum officinale. Ein Unterschied zwischen beiden Typen besteht auch darin, daß die Krautschicht beim Gramineen-Typ den Boden meist vollständig deckt, während im anderen Falle oft vegetationsarme oder vegetationsfreie Stellen von kleiner Ausdehnung bemerkbar sind.

Es läßt sich aus den wenigen durchgeführten Bestandesaufnahmen natürlich kein endgültiges Bild über die beiden Typen gewinnen. Die vorstehenden Ausführungen sollen nur auf das Bestehen dieser beiden Typen hinweisen, die selbstverständlich noch näherer Untersuchung bedürfen. Im September 1935 sind in den Auengebieten der Weißen Elster und der Luppe noch einmal Bestandesaufnahmen durchgeführt worden (Tab. 3), welche die Berechtigung einer Unterscheidung beider Typen bestätigen. Vertreter des Urtica-Typs sind die Quadrate Döllnitz-Burgliebenau 4 und 7 und Dölkau 20; dem Gramineen-Typ gehören die Quadrate

Tabelle 3.

Bestandaufnahme Mitte September 1935. (Quadratgröße: 1 qm). (Deckungsgrad nach Hult-Sernander).

Nr.	Art	Rabeninsel Quadrat-Nr. 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Döllnitz-Burgliebenau Quadrat-Nr. 2	4	7	9	Ermlitz Quadrat-Nr. 12	13	14	Dölkau Quadr.-Nr. 20
1.	Alliaria officinalis Andrjz.	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.	Melandryum rubrum Gcke.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—
3.	Stellaria holostea L.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4.	Malachium aquaticum Fries	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
5.	Geranium Robertianum L.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6.	Impatiens noli tangere L.	2	—	—	—	2	1	—	—	—	5	—	2	2	—	—	—	—	2
7.	Rubus caesius L.	—	5	—	—	—	2	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—
8.	Geum urbanum L.	1	—	—	—	—	—	1	—	1	—	2	3	2	2	2	—	—	—
9.	Ulmaria filipendula Hill	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1	2	1	1	—	—	—	1
10.	Circaea lutetiana L.	1	1	1	1	1	1	1	—	—	1	1	4	1	2	—	2	—	1
11.	Aegopodium podagraria L.	—	2	—	—	—	—	1	—	1	—	4	—	—	1	—	—	2	—
12.	Chaerophyllum temulum L.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—
13.	Galium aparine L.	—	1	2	—	—	—	—	—	1	—	4	—	—	—	1	—	—	—
14.	Cirsium palustre Scop.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15.	Lappa major Gaertn.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16.	Convolvulus sepium L.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17.	Cuscuta europaea L.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
18.	Glechoma hederacea L.	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	4	4	1	—
19.	Lamium maculatum L.	—	—	—	—	—	3	—	—	—	1	3	5	—	—	1	—	—	—
20.	Galeopsis tetrahit L.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
21.	Stachys silvatica L.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—	—	—	—	—	—	4
22.	Brunella vulgaris L.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	3	2	—
23.	Lysimachia nummularia L.	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	1	—	—
24.	Plantago major L.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—
25.	Plantago lanceolata L.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
26.	Rumex sanguineus L.	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	2	—	—	—	—	—
27.	Urtica dioica L.	2	5	5	5	5	4	3	5	1	1	2	5	5	—	5	—	2	5
28.	Ulmus campestris L.	1	—	1	—	1	—	1	—	1	2	1	1	1	—	—	3	1	—
29.	Carex silvatica Huds.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	1	—
30.	Carex remota L.	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	1	3	5	2	
31.	Listera ovata R. Br.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
32.	Agrostis stolonifera Meyer	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
33.	Calamagrostis lanceolata Rth.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
34.	Millium effusum L.	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	3	2	5	—
35.	Poa nemoralis L.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	5	2	2	1	—
36.	Festuca gigantea Vill.	5	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	3	—	1	3	—	2	1
37.	Brachypodium silvaticum R. u. Schult.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—

Döllnitz-Burgliebenau 9 und Ermlitz 14 an. Die hier auszugsweise wiedergegebenen Aufnahmen vom September 1935 lassen gleichzeitig erkennen, daß beide Typen durch mannigfache Übergänge miteinander verbunden sind (z. B. Quadrate Döllnitz-Burgliebenau 2 und Ermlitz 12 und 13). Die entsprechenden Bestandesaufnahmen der Rabeninsel (Tab. 3) zeigen dagegen deutlich, daß alle aufgenommenen Bestände mit Ausnahme des Quadrates 1 wohl einwandfrei dem Urtica-Typ zugezählt werden können.

Bei den zur Kennzeichnung dieser Typen herangezogenen Arten sind die Baum- und Strauchschicht nicht berücksichtigt worden. Dies geschah vor allen Dingen deshalb, weil, wie die Aufnahmen zeigen, die Typen auch ohne Einbeziehung der Bäume und Sträucher haben erkannt werden können. Im anderen Fall hätte die Übersichtlichkeit wohl auch gelitten; denn beide Typen können sowohl unter reinen Ulmenbeständen, als auch unter reinen Eichenbeständen sowie unter gemischten Beständen von Eiche und Ulme vorkommen. Ein Gleiches läßt sich auch über die Beziehungen der einzelnen in den erwähnten Auenwäldern vorkommenden Sträucher zu den beiden Typen aussagen. Wie orientierende Messungen gezeigt haben, sind die beiden Typen auch ökologisch voneinander unterschieden, indem der Gramineen-Typ lichtere Standorte als der Urtica-Typ besiedelt. Lichtere Stellen finden sich in Auenwäldern oft in Eichenbeständen, weil die Eiche einen viel geringeren Kronenschluß als die Ulme aufweist, und hier befindet sich auch das Hauptausbreitungsgebiet des Gramineen-Typs. Die schattigeren Stellen mit geringerem relativem und absolutem Lichtgenuß nimmt der Urtica-Typ ein. Es hat auch den Anschein, als ob dieser Typ im Vergleich zu den gramineenreichen Beständen die etwas feuchteren Standorte besiedelt. Aber erst eine eingehende soziologische und ökologische Untersuchung wird diese Verhältnisse, die hier nur angedeutet worden sind, befriedigend klären können.

Die Unterscheidung dieser beiden Typen in feuchten, nährstoffreichen Laubwäldern ist nicht neu. Wangerin (1926, 27, S. 192 ff.) hat bereits, wie die Durchsicht der Literatur ergab, derartige Pflanzenvereine aus den Standflachmoorwäldern des nordostdeutschen Flachlandes beschrieben.

Methodik der Bestandesaufnahme.

Für die Aufnahme der Vegetation wurde die Quadratmethode angewandt. Als Größe der Probefläche war 1 qm gewählt worden. Zur Bezeichnung des Deckungsgrades wurde die fünfteilige Skala von Hult-Sernander verwendet (vgl. Markgraf 1926, S. 9). Der Nachteil der Vegetationsaufnahme mit sehr kleinen Probe-

flächen liegt darin, daß es oft relativ schwierig ist, eine befriedigende Kenntnis von der Zusammensetzung eines Pflanzenbestandes zu gewinnen, wenn dieser in seiner Physiognomie uneinheitlich ist, ein Durchdringungsgebiet zweier oder mehrerer Assoziationen darstellt oder Arten aufweist, die für den betreffenden Pflanzenverein von Bedeutung sind, aber nur in geringer Menge auftreten oder weit verstreut sind. Wie Wangerin (1926/27, S. 175/76) an einem Beispiel aus einem moosreichen Heidelbeer-Nadelwald aus dem Kreise Pillkallen (Ostpreußen) zeigt, kann es bei Verwendung der Quadratmethode vorkommen, daß für diese Pflanzengesellschaft in floristischer wie ökologischer Hinsicht wichtige Arten nicht erfaßt werden. Er bestätigt damit die Beobachtungen von Scherrer (1923, S. 41/42) über diese Mängel der Quadratmethode. „Weder wird durch sie eine Vollständigkeit der Artenliste garantiert, noch vermag die Behandlungsweise für die zutreffende Bewertung der an der floristischen Zusammensetzung beteiligten Komponenten oder für die ökologische Kennzeichnung befriedigende Ergebnisse zu zeitigen" (Wangerin 1926/27, S. 176). Auch Ramensky (1927) kommt zu der Feststellung, daß die Frequenzmethode von Raunkiaer und die Konstantenbestimmung nach Du Rietz sich in artenreichen Pflanzenvereinen mit komplizierter Struktur als wenig brauchbar erweisen.

Ein weiterer Nachteil der Quadratmethode liegt m. E. darin, daß sich eine gewisse Subjektivität bei der Anlage der Quadrate nicht ausschalten läßt. „Denn wenn man ein Assoziationsindividuum beschreiben will, so muß man es erst einmal selbst richtig erkennen, damit man nicht etwa Individuen zweier Assoziationen zusammen aufnimmt und zu falschen Schlüssen gelangt. Die richtige Begrenzung ist im Anfang die größte Schwierigkeit, und sie gelingt erst dann leicht, wenn man sich einen gewissen Blick dafür angeeignet hat" (Markgraf 1926, S. 5). Es wird aber sicher auch Fälle geben, bei denen selbst der geschulte Blick des Pflanzensoziologen nicht ohne weiteres entscheiden kann, ob es sich um einen einheitlichen Pflanzenverein handelt, oder ob der betreffende Bestand eine Mischung aus mehreren Pflanzenvereinen darstellt. In diesem Fall ist natürlich die Forderung, Quadrate nur in einem Assoziationsindividuum, einem einheitlichen Pflanzenbestand usw. anzulegen, schwierig zu erfüllen. „Wenn ... das Assoziationsindividuum klein ist, verteilen wir die Quadrate regelmäßig über die ganze Fläche oder wenigstens in schachbrettartiger Anordnung. ... Wir besitzen jetzt eine größere Zahl von Quadrataufnahmen, die hinreicht, um Zufälligkeiten in der Pflanzenverteilung auszuschließen" (Markgraf 1926, S. 9). Wenn aber das Assoziationsindividuum oder der zu untersuchende Pflanzenbestand sich über ein größeres Gebiet erstreckt, wird die Schwierigkeit einer derartigen Anordnung der Quadrate sofort deutlich, und Zufälligkeiten in der Pflanzenver-

teilung werden nicht mehr mit Sicherheit ausgeschaltet werden können.

Die erwähnten Mängel werden aber zum größten Teil durch eine Kombinierung von Linientaxierung und Quadratmethode behoben. Die ursprünglich von Arrhenius (1919, 1920, 1922) ausgearbeitete Methode der Linientaxierung zur Dichtebestimmung ist allein nicht brauchbar, da sie eine Zählung der Individuen verlangt, die ein durch den Pflanzenbestand gelegtes Seil berühren. Einwände gegen dieses Verfahren hat Du Rietz (1921, S. 233) vorgebracht und bemerkt, „auch wenn diese Methode dadurch verschärft würde, daß man anstatt des ziemlich diffusen Begriffes ‚das Seil tangierendes Individuum' jedes Individuum in einem Streifen von noch so geringer, aber bestimmter Breite verzeichnen würde, so würde ihr trotzdem wegen der Willkürlichkeit des Individuumbegriffes immer eine sehr große Subjektivität anhaften. ... Dazu kommt schließlich noch der große Mangel dieser Methode, daß sie nicht mit begrenzten Probeflächen laboriert und deshalb von den Vegetationsflecken, die man mit ihrer Hilfe untersucht, nur unvollständige Artenlisten liefert". Diesen Einwänden von Du Rietz ist zuzustimmen. Sie bestehen aber nicht mehr, wenn es nicht auf die Ermittlung der Individuenzahl einer Art, sondern des Deckungsgrades derselben ankommt und die Linientaxierung dabei mit der Quadratmethode verbunden wird, wie es z. B. von Vallin (1925, S. 10) durchgeführt worden ist. Auch die ursprünglichen Nachteile der Quadratmethode werden dadurch behoben. Streng genommen handelt es sich in diesem Fall nicht mehr um eine Linientaxierung, sondern um eine „Streifentaxierung", da ja eine Fläche kontinuierlich quadratweise aufgenommen wird. In ausgedehnten Gebieten wird es die Zeit meist nicht erlauben, die Bestandesaufnahmen lückenlos längs des Streifens durchzuführen. Man kann sich in diesem Fall damit begnügen, Quadrate einheitlicher Größe in bestimmten Abständen zu untersuchen. Es wird sich dann bald herausstellen, ob sich mit diesen Quadraten ein genügend exaktes Bild des betreffenden Pflanzenbestandes geben läßt. Tritt ein Wechsel in den Pflanzenvereinen auf, so kann man leicht den Abstand der einzelnen Quadrate voneinander vermindern oder jedes Quadrat an das vorhergehende direkt anschließen und wird dann ein vollkommen einwandfreies Bild von dem Übergang eines Pflanzenbestandes in einen zweiten erhalten, die Durchdringung zweier Assoziationen klar erkennen oder jede andere in dieser Hinsicht auftretende Frage beantworten können.

Die Vegetation des von mir untersuchten Gebietes nördlich des Lehmannweges auf der Rabeninsel ist nach dieser Methode aufgenommen worden. Quer durch die Senke wurden vier große Linien (große Taxierungslinien T 1—4) gelegt. Um den Wechsel der Vegetation deutlich zu zeigen, wurden die Linien kontinuierlich quadratweise aufgenommen. Infolge der geringen Größe des Ge-

bietes und der geringen Ausdehnung der verschiedenen Pflanzenbestände wurde eine quadratische Probefläche mit einer Seitenlänge von 20 cm gewählt. Neben diesen langen Taxierungslinien wurden noch kurze Linien (Tk 1—3, 5—12) in floristisch homogen zusammengesetzten Teilen der Senke angelegt.

Auch Ramensky (1927) hat die Transsektmethode, bei der die Vegetationsfläche artenreicher Wiesen des Woronesher Gouvernements von 20 cm breiten Streifen durchzogen wird, mit gutem Erfolg angewandt. Weaver und Mitarbeiter (1925, S. 168) haben sich ebenfalls mit Vorteil dieser Methode bedient, um Entwicklung, Anordnung und ökologische Verhältnisse flußbegleitender Wälder im östlichen Nebraska zu untersuchen. Sie haben in regelmäßigen Abständen Streifen von genügender Breite durch das Flußtal gelegt und an diesen ihre Untersuchungen durchgeführt.

Es soll mit den voranstehenden Ausführungen der Wert der Untersuchung einer Vegetationsfläche allein nach der Quadratmethode durchaus nicht geleugnet werden. In homogen zusammengesetzten Gebieten wird man die Quadratmethode mit gutem Erfolg anwenden können, ohne daß es nötig ist, die Probeflächen in einer bestimmten Regelmäßigkeit zu verteilen oder an Linien entlang anzuordnen. In Gebieten von inhomogener Zusammensetzung und komplizierter Struktur wird aber eine Kombinierung von Linientaxierungen und Quadratmethode leichter zum Ziel führen. Es wird nicht nur von Fall zu Fall zu entscheiden sein, welche der beiden Methoden am besten anzuwenden ist, welche Quadratgröße oder Streifenbreite die vorteilhafteste sein wird, sondern auch die Anordnung der Quadrate und Taxierungslinien wird von dem Zweck der Untersuchung abhängen, indem z. B. bei der hier vorliegenden Bodensenke eine annähernd parallele Anordnung der Linien vorzuziehen war, während in anderen Fällen vielleicht ein senkrecht aufeinander stehendes Liniensystem anzuwenden wäre. Ramensky (1927) glaubt, freie Enden eines solchen Taxierungsstreifens vermeiden zu müssen und schlägt vor, die einzelnen Streifen in einer gebrochenen Linie, die einer Spirale nahe kommt, anzuordnen.

Lundegardh (1927, S. 201/202) hält z. B. die Quadratmethode nur in kleinen Gebieten für gut anwendbar. Für ein größeres Gebiet ist es jedoch schwierig, „eine adäquate Angabe des Deckungsgrades zu machen. ... Praktisch wird man am besten so vorgehen, daß ein ganzes Gebiet mittels Linientaxierung wiedergegeben wird. Entlang einer oder weniger Linien, die das Gebiet durchqueren, wird die Quadratmethode in Anwendung gebracht. An den Grenzen zwischen den Assoziationen, wo eine möglichst genaue Analyse besonders wünschenswert erscheint, soll eine möglichst genaue Wiedergabe der Vegetationsdecke stattfinden“ (S. 202).

Es wurde bereits erwähnt, daß auf der Rabeninsel fast ausschließlich der Urtica-Typ vertreten ist. Dies kommt auch in Tab. 4 zum Ausdruck, welche die Zusammenstellung sämtlicher auf der Rabeninsel vorgefundener phanerogamer Arten bringt. Um bei dieser Artenaufzählung einen Eindruck von der Vegetation zu vermitteln, sind Deckungsgrad und Abundanz als Gesamtschätzung nach Braun-Blanquet angegeben und die Verteilung der einzelnen Arten mit der ebenfalls von Braun-Blanquet stammenden fünfteiligen Skala des Geselligkeitsgrades zum Ausdruck gebracht. Die Gesamtschätzung bezieht sich dabei auf das ganze Gebiet der Rabeninsel als Probefläche.

Es sind nur drei Arten vorhanden, die in der Gesamtschätzung einen höheren Rang einnehmen, und zwar Ulmus campestris in der Baum- und Strauchschicht, Urtica dioica in der oberen und Glechoma hederacea in der unteren Feldschicht. Von Arten, die ein Zwanzigstel bis ein Viertel der Probefläche decken, sind nur wenige vorhanden, und zwar Prunus padus und Cornus sanguinea in der Strauchschicht, Impatiens noli tangere und Galium aparine in der Feldschicht. Sämtliche anderen Arten der Rabeninsel treten stark zurück mit Ausnahme derjenigen, die zwar in bezug auf das gesamte Areal der Insel einen geringen Deckungsgrad besitzen, aber an einigen Stellen in größeren Beständen auftreten. Die Angabe des Geselligkeitsgrades soll diese Verhältnisse zum Ausdruck bringen. Allerdings werden hier von den bisher nicht angeführten Arten im wesentlichen nur zwei Spezies betroffen, nämlich die beiden Frühlingspflanzen Ficaria verna und Corydalis cava.

Einen Überblick über den Aufbau der Vegetation soll die Abbildung 1 vermitteln. Die Schichtung der Vegetation ist deutlich zu erkennen. Die Baumschicht wird fast ausschließlich durch Ulmus campestris gebildet, und die im Mittelgrund des Bildes sichtbaren Gruppen von Sträuchern sind Exemplare von Prunus padus. Diese Aufnahme stellt einen der wenigen auf der Rabeninsel vorhandenen größeren Bestände von Corydalis dar, weshalb diese Art in der Gesamtschätzung eben nur die Note + erhalten hat, der Geselligkeitsgrad dagegen mit der Note 5 bewertet wurde. Aus Abb. 1 geht weiter hervor, daß zwischen Baum- und Strauchschicht keine scharfe Grenze besteht. Wie aus der verschiedenen Stärke der Bäume zu ersehen ist, sind Ulmen jeden Alters vorhanden, die natürlich in ihrer Höhe Unterschiede aufweisen; so wird eine Übergangszone von der Strauch- zur Baumschicht durch halbwüchsige Ulmen gebildet. Da auf der Rabeninsel die die Baum- und Strauchschicht zusammensetzenden Arten überall in gleicher Weise auftreten, sind für die Bestandesaufnahmen der Vegetation nur die

Tabelle 4. **Artenliste der Rabeninsel.**

1. Spalte: Gesamtschätzung nach Braun-Blanquet.
2. Spalte: Geselligkeitsgrad. „ „ „

1. Clematis vitalba L.	+	1
2. Anemone ranunculoides L.	1	1
3. Ranunculus repens L.	+	3
4. „ auricomus L.	+	1
5. Ficaria verna Huds.	1	3—4
6. Caltha palustris L.	+	1
7. Chelidonium majus L.	+	1
8. Corydalis cava Schwgg. u. K.	1	4
9. Alliaria officinalis Andrjz.	1	3
10. Viola silvatica Fries	+	1
11. Melandryum rubrum Gcke.	+	1
12. Moehringia trinervis Clrv.	+	1
13. Stellaria media Cyr.	+	2
14. „ holostea L.	+	1
15. Malachium aquaticum Fries	+	3
16. Hypericum perforatum L.	+	1
17. „ quadrangulum L.	+	1
18. Acer campestre L.	+	1
19. Aesculus Hippocastanum L. (angepflanzt)	+	1
20. Geranium Robertianum L.	+	1
21. Impatiens noli tangere L.	2	3—4
22. Evonymus europaea L.	+	1
23. Melilotus altissimus Thuill.	+	1
24. Prunus padus L.	2	2
25. Rubus caesius L.	+	2—3
26. Geum urbanum L.	+	2
27. Fragaria vesca L.	+	1
28. Potentilla reptans L.	+	2
29. „ anserina L.	+	2
30. Ulmaria filipendula Hill	+	1
31. Circaea lutetiana L.	+	2
32. Crataegus Oxyacantha L.	+	1
33. Crataegus monogyna Jacq.	+	1
34. Lythrum salicaria L.	+	1
35. Aegopodium podagraria L.	+	2
36. Pastinaca sativa L.	+	1
37. Heracleum sphondylium L.	+	1
38. Anthriscus silvestris Hffm.	+	1
39. Chaerophyllum temulum L.	+	1
40. Cornus sanguinea L.	2	2
41. Adoxa moschatellina L.	+	1
42. Sambucus nigra L.	+	1
43. Viburnum Opulus L.	+	1
44. Galium aparine L.	2	3
45. „ palustre L.	+	2
46. Tussilago farfara L.	+	1
47. Cirsium palustre Scop.	+	1
48. Lappa major Gaertn.	+	1
49. „ nemorosa Koern.	+	1
50. Taraxacum officinale Web.	+	1
51. Lactuca muralis Lesg.	+	1
52. Fraxinus excelsior L.	+	2
53. Convolvulus sepium L.	+	1
54. Cuscuta europaea L.	+	1
55. Myosotis palustris Roth	+	2
56. Symphytum officinale L.	+	2
57. Solanum dulcamara L.	+	1
58. Scrofularia nodosa L.	+	2
59. Veronica hederifolia L.	1	3
60. Mentha aquatica L.	+	2
61. Lycopus europaeus L.	+	1
62. Glechoma hederacea L.	5	5
63. Lamium maculatum L.	+	3
64. „ album L.	+	2
65. Galeopsis tetrahit L.	+	1
66. Stachys silvatica L.	+	2
67. Brunella vulgaris L.	+	1
68. Ajuga reptans L.	+	2
69. Lysimachia vulgaris L.	+	1
70. „ nummularia L.	1	3
71. Primula officinalis Jacq.	+	1
72. Plantago major L.	+	1
73. „ lanceolata L.	+	1
74. Chenopodium album L.	+	1
75. Rumex sanguineus L.	+	2
76. „ conglomerat. Murr.	+	2
77. „ aquaticus L.	+	1
78. Polygonum mite Schrank	+	2
79. Urtica dioica L.	4	5
80. Humulus lupulus L.	+	2
81. Ulmus campestris L.	5	5
„ Strauchschicht	3	4
82. Quercus robur L.	+	2
83. Corylus avellana L.	+	1
84. Alnus glutinosa Gaertn.	+	1
85. Salix alba L. (angepflanzt)	+	1—2
86. Populus nigra L. (angepflanzt)	+	3
87. Arum maculatum L.	+	2
88. Gagea lutea Schult.	+	1
89. Allium Scorodoprasum L.	+	1
90. Carex silvatica Huds.	+	2
91. „ remota L.	1	2
92. „ gracilis Curt.	+	2
93. Agrostis stolonifera Meyer	+	3
94. Calamagrostis lanceolata Roth	+	2
95. Milium effusum L.	+	2
96. Aira caespitosa L.	+	2
97. Poa nemoralis L.	+	2
98. Festuca gigantea Vill.	+	2
99. Brachypodium silvaticum R. u. Schult.	+	2
100. Triticum caninum L.	+	2

Arten von der obersten Feldschicht bis zur Bodenschicht berücksichtigt worden.

Abb. 1. Bestand von Corydalis cava

Wie eingangs erwähnt wurde, sind in der Feld- und Bodenschicht nur zwei für die Rabeninsel typische Pflanzen vorhanden, nämlich Urtica dioica und Glechoma hederacea. Die Brennessel bildet in der Regel große und außerordentlich dichte Bestände (Abb. 2), in die als Vertreter der unteren Feldschicht meist noch Glechoma hederacea und häufig auch Galium

Abb. 2. Vegetation am Urtica-Standort

aparine eintreten. An den Stellen, an denen Urtica fehlt, sind in der Regel ausgedehnte Bestände von Glechoma vorhanden,

in die einer höheren Schicht angehörende Pflanzen, wie Symphytum officinale, Carex remota, Calamagrostis lanceolata und andere Arten treten können. Die Bestandesaufnahmen 1—5 (Tab. 2) vom Oktober 1931 und die Aufnahmen 2—10 vom September 1935 (Tab. 3) bringen diese Verhältnisse klar zum Ausdruck. In den durch Urtica dioica und Glechoma hederacea als Leitpflanzen gekennzeichneten Beständen tritt auch ein großer Teil derjenigen Arten auf, die in der Gesellschaft dieser beiden Arten in den Auenwäldern der Umgegend von Halle aufgefunden worden sind, so z. B. Circaea lutetiana, Geum urbanum oder Carex-Arten. Die extreme Ausbildungsform des Urtica-Typs auf der Rabeninsel wird durch die Aufnahme der Quadrate 4 und 8 (Tab. 3) veranschaulicht; im letzteren treten überhaupt nur Urtica dioica und Glechoma hederacea auf. Der Gramineen-Typ ist in reiner Ausbildung nicht vorhanden. Von einer Anzahl diesem Typ nahestehender Quadrate der Bestandesaufnahmen wurde als bestes Beispiel hierfür das Quadrat 1 (Tab. 3) ausgewählt.

Die Frühlingsflora der Rabeninsel ist wenig reichhaltig und im wesentlichen durch drei Arten charakterisiert: Corydalis cava, Ficaria verna und Anemone ranunculoides. Den Übergang vom Frühlings- zum Sommeraspekt zeigen die Bestandesaufnahmen der Quadrate 23—25 (Tab. 5). Die Bestandesaufnahmen veranschaulichen, daß Corydalis cava in großen Beständen auftritt, während Ficaria verna den Boden nicht so lückenlos bedeckt; Anemone erreicht in diesen Quadraten nur einen sehr geringen Deckungsgrad, und im Quadrat 24 fehlt sie sogar ganz. Daß es auf der Rabeninsel aber auch Stellen gibt, an denen Anemone reichlich vertreten ist, zeigt der Frühlingsaspekt der Tk 5 (Tab. 8).

Von Mitte Mai ab bildet sich sehr schnell der Sommeraspekt der Vegetation heraus. Die Frühlingspflanzen, deren Vegetationsperiode sowieso zu Ende ist, werden von Urtica und Glechoma überwachsen und sterben in ihren oberirdischen Teilen bald ab. An Urtica-freien und lichteren Stellen halten sich die Frühlingspflanzen ein wenig länger, da ihr Lichtgenuß nicht vorzeitig gestört wird. Von den Sträuchern haben Prunus padus und Cornus sanguinea bereits in der ersten Aprilwoche mit der Belaubung begonnen; die Ulmensträucher folgen zwischen Mitte und Ende April nach. Während Ende April die Bäume noch so gut wie unbelaubt sind, haben Cornus und Prunus ihr Laub schon voll entfaltet. Anfang Mai setzt auch die Belaubung der Bäume kräftig ein und ist Ende des Monats vollendet. Die Vegetation hat nun ihren sommerlichen Aspekt mit den typischen Urtica-Glechoma-Beständen und der von der Strauchschicht bis zur Baumschicht durchgehenden Belaubung erreicht. An schattigen Stellen dominieren Urtica und

Tabelle 5. **Rabeninsel**

Bestandesaufnahmen vom 10. 4. bis 24. 5. 32.
Quadratgröße: 1 qm
Deckungsgrad nach Hult-Sernander.

	10. 4.	16. 4.	24. 4.	5. 5.	24. 5.
Quadrat 23					
Anemone ran.	1	1	1	1	—
Ficaria verna	1	2—3	3	3	2
Galium ap.	1	1	1	1	1
Veronica hed.	1	1	1	1	1
Glechoma hed.	2	3	4	4	4—5
Urtica di.	1	1	1	1	2
Festuca gig.	1	1	1	1	1
Quadrat 24					
Ficaria verna	1	1—2	1—2	1	1
Alliaria off.	—	—	—	1	1
Galium ap.	—	1	1	1	1—2
Glechoma hed.	1	1—2	1—2	1—2	2
Urtica di.	3	3—4	3—4	4	5
Poa nem.	—	1	1	1—2	1
Quadrat 25					
Anemone ran.		1	1	1	1
Ficaria verna		2	2	1—2	1
Corydalis cava		5	5	5	1
Alliaria off.		—	—	1	3
Circaea lut.		—	—	1	2
Veronica hed.		1	1	1—2	1
Glechoma hed.		1—2	1—2	1—2	2—3

Glechoma und stellenweise auch Impatiens noli tangere (vgl. Tab. 3, Qu. 10) zusammen mit den erwähnten Arten der Strauchschicht (Ulmus, Prunus, Cornus), was das auf der Rabeninsel vorherrschende Bild ist. An den Wegrändern und an lichteren Stellen treten Gramineen auf. Es hat überhaupt den Anschein, als ob die Gräser direkt einen Gradmesser für den Lichtgenuß abgeben, da sie an den dunkelsten Stellen fehlen und bei Aufhellung sofort, wenn auf der Rabeninsel auch meist nur in geringen Mengen, auftreten. Die feuchtesten Stellen finden sich in den bereits beschriebenen Bodensenken vor und sind durch das Auftreten von Pappeln (Populus nigra) charakterisiert. Die Strauchschicht fehlt in der Regel, und die Krautschicht weist eine Reihe von Feuchtigkeit liebenden Arten auf, unter denen besonders Calamagrostis lanceolata, Agrostis stolonifera, Ranunculus repens, Lycopus europaeus und Mentha aquatica hervorragen. Zwischen diesen Arten breiten sich meist kleinere und größere Bestände von Urtica dioica aus. Eine solche Bodensenke stellt auch das untersuchte Gebiet dar.

Das sonst von Auenwäldern bekannte Bild des Lianenreich-

tums ist hier nicht vorhanden. Die Artenliste weist zwar alle in den mitteleuropäischen Auenwäldern zu stärkerer Entwicklung gelangenden Lianen auf, doch ist ihre Mengenentwicklung in der Umgebung von Halle überhaupt recht gering. Auch Weiden finden sich in den genannten Wäldern wenig; und meist trifft man nur auf angepflanzte Exemplare von Salix alba. Die Ufergebüsche, die fast ausschließlich von Salix-Arten gebildet werden, zeigen einen üppigen Wuchs, sind aber nur von geringer Ausdehnung.

Mitte Oktober setzt der Laubfall ein. Die Gräser sterben zuerst ab, dann folgt von den beiden Leitpflanzen die Brennessel, während Glechoma nur teilweise abstirbt und grüne Blätter den ganzen Winter über behält. Der Boden bedeckt sich allmählich mit einer dichten Laubschicht und wird so vor allzu starker Abkühlung und Austrocknung geschützt.

Wangerin (1909, S. 539) hebt von Gräsern, die in den Auenwäldern des Saalkreises vorkommen, besonders hervor: Milium effusum und Festuca gigantea, ferner noch Melica nutans, Aira caespitosa und Poa nemoralis. Bis auf Melica nutans sind also alle wichtigen Gramineen auf der Rabeninsel vertreten. Als weitere „häufige und verbreitete Charakterarten", „die der eigentlichen Auenwaldflora selbst angehören unter Ausschluß derjenigen Arten, welche, der Sumpf- oder Gewässerflora des Auegebietes angehörig, sich an geeigneten Stellen auch in Auenwaldungen vorfinden", nennt Wangerin Anemone ranunculoides, Ranunculus auricomus, Ficaria verna, Viola canina, Melandryum rubrum, Moehringia trinervis, Stellaria holostea, Geum urbanum, Aegopodium podagraria, Chaerophyllum bulbosum, Galium cruciatum, Campanula trachelium, Scrophularia nodosa, Glechoma hederacea, Stachys silvatica, Ajuga reptans, Lamium maculatum, Urtica dioica und Gagea lutea. Bis auf vier (Viola canina, Chaerophyllum bulbosum, Galium cruciatum, Campanula trachelium) weist die Artenliste der Rabeninsel alle angeführten Spezies auf; allerdings gehören nur wenige hiervon zu den „häufigen und verbreiteten" Arten.

Von Garcke (1848) sind folgende 14 in den Auenwäldern der hallischen Umgebung selteneren Arten als auf der Rabeninsel vorkommend angeführt: Corydalis cava, Cardamine amara, Lychnis diurna, Melilotus macrorrhiza. Spiraea ulmaria, Circaea lutetiana, Chaerophyllum bulbosum, Viburnum opulus, Dipsacus silvestris, Lactuca muralis, Veronica longifolia, Lysimachia vulgaris, Arum maculatum, Carex remota. Wangerin (1909, S. 539) gibt 8 seltene Pflanzen als auf der Rabeninsel vorhanden an, und zwar 4, die auch Garcke bereits

aufführte, nämlich Corydalis cava, Cardamine amara, Circaea lutetiana und Arum maculatum, ferner Chrysosplenium alternifolium (nur auf der Rabeninsel vorkommend im Gebiet der Auenwälder des Saalkreises), Dipsacus pilosus, Tulipa silvestris und Gagea minima. Die letzten 4 Arten sind heute auf der Rabeninsel nicht mehr vorhanden, und von den 14 Arten, die Garcke 1848 beobachtete, sind Cardamine amara, Chaerophyllum bulbosum, Veronica longifolia und Dipsacus silvestris, also insgesamt 8 Arten unter Einschluß der von Wangerin genannten, verschwunden, die aber sonst in den Auenwäldern der Umgegend von Halle noch vorkommen; nur Tulipa silvestris habe ich auch dort nicht mehr finden können.

Herr Professor Dr. G. Schmid teilte mir mit, daß auch heute noch Tulipa silvestris in dem Auenwäldchen bei Passendorf vorkommt; allerdings war diese Art dort früher bedeutend häufiger als jetzt. Heute wird sie meist nur in blütenlosem Zustand angetroffen.

Vegetation des untersuchten Gebietes.

Es liegt hier eine der nicht selten in den Auenwäldern der Umgebung von Halle zu findenden Bodensenken vor, die in ihrem Baumwuchs durch Populus nigra und das Fehlen einer Strauchschicht charakterisiert ist. Die Ränder dieser Bodensenke und die weiter einwärts liegenden Stellen weisen die für die Rabeninsel typische Vegetation mit Ulmus campestris in der Baum- und Strauchschicht und Urtica dioica und Glechoma hederacea als Leitpflanzen der Krautschicht auf. Der Verlauf der Senke folgt dem senkrecht schraffierten Gebiet auf der beigefügten Vegetationskarte. Der Rand der Senke ist durch die Unterholzgrenze und die aus derselben noch herausragenden Brennesselbestände markiert, was auf der Vegetationskarte durch schrägrechte und wagerechte Schraffierung zum Ausdruck gebracht ist. Über den Aufbau der Senke, die Niveauunterschiede usw. ist bereits berichtet worden. Es sei deshalb an dieser Stelle darauf verwiesen.

Schon ein kurzer Blick auf die Vegetationskarte zeigt, daß die Vegetation in diesem Gebiet recht mannigfaltig in ihrer Zusammensetzung ist. Es kam nun für die Bestandesaufnahmen darauf an, dieselben so eingehend wie möglich durchzuführen, um späterhin einmal eine genaue Klassifizierung und soziologische Einordnung der verschiedenen Bestände zu ermöglichen. Ich glaubte zuerst, mit der Quadratmethode allein auskommen zu können und verteilte 20 Quadrate so über das Gebiet, daß alle typischen Bestände in ihnen erfaßt wurden. Aber es war nicht möglich, ein vollständiges Bild von der floristischen Beschaffenheit der Senke und ihrer Ränder zu gewin-

Tabelle 6. **Rabeninsel** (Standort). Bestandesaufnahme vom 18.—20. 5. 32.
(Quadratgröße 1 qm). (Deckungsgrad nach Hult-Sernander).

Nr. Art Quadrat-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1. Ranunculus repens L.	—	—	—	—	—	5	2	—	—	—	—	0—1	5	5	4	—	0—1	4	—	—
2. Anemone ranunculoides L.	1—2	0—1	0—1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3. Ficaria verna Huds.	3	2	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	2	—
4. Caltha palustris L.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—
5. Viola silvatica Fries	0—1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6. Stellaria media Cyr.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—
7. „ holostea L.	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8. Malachium aquaticum Fries	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
9. Rubus caesius L.	—	—	—	3	3	3	5	5	3	3	2	—	—	—	1	—	—	2	0—1	—
10. Geum urbanum L.	2	1	0—1	—	0—1	0—1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11. Ulmaria filipendula Hill	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
12. Circaea lutetiana L.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
13. Galium aparine L.	—	2	0—1	0—1	—	0—1	2	2	4	2	2	—	2	1	1	—	1	1	—	—
14. „ palustre L.	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	3
15. Lappa major Gaertn.	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—
16. Symphytum officinale L.	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	4	—	2	—	—	—
17. Veronica hederifolia L.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0—1	—	1	—	—	—
18. Mentha aquatica L.	—	—	—	—	—	—	—	1	—	0—1	2—3	—	1	1	—	—	—	1	—	3
19. Lycopus europaeus L.	—	—	—	—	—	0—1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
20. Glechoma hederacea L.	5	5	4	4	4	2	—	—	—	—	—	4	—	—	1—2	5	5	2	5	—
21. Stachys silvatica L.	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
22. Brunella vulgaris L.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
23. Lysimachia nummularia L.	—	—	—	—	—	2	1	4	5	4	4	1	2	2	—	—	—	1	—	4
24. Rumex sanguineus L.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—
25. Polygonum mite Schrk.	—	—	—	—	—	—	—	0—1	—	0—1	—	—	1	1	—	—	—	—	—	2—3
26. Urtica dioica L.	4—5	2	5	5	5	1	—	1	1	—	—	5	—	—	1	5	3	0—1	5	—
27. Ulmus campestris L.	—	1	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2	—	—
28. Carex silvatica Huds.	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	2	—
29. „ remota L.	—	—	—	1	—	—	—	1	1	—	—	0—1	—	—	2	—	—	—	1	—
30. „ gracilis Curt.	—	—	—	—	—	—	5	—	—	—	4	—	—	—	—	—	—	1	—	—
31. Agrostis stolonifera Meyer	—	—	—	3	—	—	—	1	2	5	—	0—1	4	4	3	—	—	3	—	1
32. Calamagrostis lanceolata Rth.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—
33. Milium effusum L.	—	0—1	—	—	—	—	0—1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
34. Poa nemoralis L.	—	—	—	0—1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—
35 Festuca gigantea Vill.	—	0—1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
36. Moos	1	4	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
37. Keimpflanzen	1	1	1	0—1	1	1—2	1	2	3	1	2	2	1	2	1	1	1	1—2	1	1

nen. So wurde dann die Quadratmethode mit der Linientaxierung kombiniert, und nun waren die Übergänge zwischen den einzelnen Beständen genau zu verfolgen, und auch das Material für eine spätere Auswertung der Bestandesaufnahmen in soziologischer Hinsicht konnte in befriedigender Weise gewonnen werden.

Bei der Anlage der Quadrate 1—20 (Tab. 6) wurde zunächst so vorgegangen, daß sie in den beim ersten Überblick als typisch zu erkennenden Beständen ausgelegt wurden. Die in dem Gebiet des Unterholzes und der Brennesselbestände auftretenden Arten waren leicht von dem senkrecht schraffiertem Gebiet der Vegetationskarte als dort nicht vorkommend abzutrennen. Auch in dem letzteren Gebiet waren Unterschiede bald festgestellt, indem Agrostis stolonifera und vor allem Ranunculus repens sich deutlich von einem in der Hauptsache durch Mentha aquatica, Galium palustre und Polygonum mite charakterisierten Teil abhoben. Zur ersten Gruppe gehören die Quadrate 1—6, 12, 16, 17—19, zur zweiten 13—15, 18, und das durch Mentha gekennzeichnete Gebiet sollte durch das Quadrat 20 erfaßt werden. Von den übrigen Quadraten wurden 7 und 11 in durch Carex gracilis charakterisierten Beständen abgesteckt, und die Quadrate 8—10 sollten Auskunft über das Übergangsgebiet zweier aneinander grenzender Bestände geben.

Während die Quadrate 1—5 noch durchaus das gewohnte Bild zeigen, sind in das Quadrat 6 bereits Elemente der Senke (Ranunculus repens, Lycopus europaeus, Lysimachia nummularia) eingedrungen. Ähnlich verhält es sich mit dem Quadrat 17. Die Quadrate 16 und 19 bieten wieder den von den typischen Standorten der Rabeninsel her bekannten Anblick. Hierbei stellte es sich als notwendig heraus, den Verlauf der Einwanderung (Qu. 6 u. 17) und der Durchdringung zweier verschiedenartiger Bestände näher kennenzulernen, was später zur Anlage der Taxierungsstreifen führte. Für das Quadrat 12, das am Rande des Ranunculus-Agrostis-Bestandes liegt, war die Beeinflussung durch fremde Arten längst nicht so groß wie beim Quadrat 6, was den Vermutungen nicht entsprach.

Die Quadrate 13 und 14 als Repräsentanten der 2. Gruppe zeigen eindeutige Verhältnisse. In ihnen fehlen Urtica dioica und Glechoma hederacea als Leitpflanzen des Urtica-Typs, und die Physiognomie dieser beiden Quadrate wird ausschließlich durch Ranunculus repens und Agrostis stolonifera bestimmt. Eine etwas abweichende Zusammensetzung weist aber das Quadrat 15 auf, was auch bei seiner Lage in der Nähe der Unterholzgrenze zu erwarten war. Ranunculus und Agrostis und mit ihnen zusammen Symphytum officinale bestimmen zwar immer noch die Physiognomie, aber es treten schon wieder Urtica und Glechoma in Verbindung mit Carex remota auf. Im

großen und ganzen trifft dies auch für das Quadrat 18 zu, das an einer entsprechenden Vegetationsgrenze liegt. Der typische Ausdruck des Ranunculus-Agrostis-Vereins wird aber in allen Fällen beibehalten.

Abb. 3. Vegetation am Ranunculus-Standort

Das Quadrat 20 als Vertreter der 3. unterschiedenen Gruppe (Tab. 6) ist durch Mentha aquatica, Galium palustre, Polygonum mite und Lysimachia nummularia charakterisiert, während Ranunculus repens und Agrostis sto-

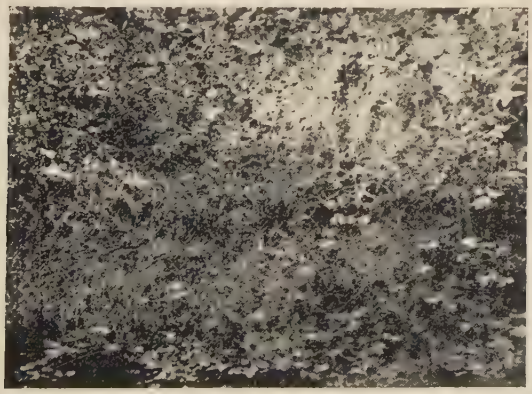


Abb 4. Vegetation am Mentha-Standort

lonifera als typische Vertreter des 2. unterschiedenen Bestandes fehlen. So war der Eindruck einer scharfen Abgrenzung der drei Bestände gegeneinander entstanden, was der Anlaß zur eingehen-

den ökologischen Untersuchung dieser in Zukunft als Urtica-, Ranunculus- und Mentha-Standort (U, R, M) bezeichneten Teile des Gebietes war. (Vgl. die Abb. 2, 3, 4).

Es interessierte nun zunächst die Zusammensetzung der Übergangsgebiete, welche durch die Aufnahme der Quadrate 8—10 und 7 und 11 ermittelt werden sollte. Bei den Quadraten 8—10 zeigte sich zunächst wieder das bekannte Bild des Zurücktretens von Urtica und Glechoma, aber sonst keine typische Zusammensetzung nach der Seite der Vegetation des Ranunculus- oder Mentha-Bestandes; Lysimachia war mit hohem Deckungsgrad vertreten, und auch Mentha war vorhanden, was zugunsten einer Annäherung der Vegetation an die Zusammensetzung des Mentha-Bestandes ausgelegt wurde, zumal Ranunculus fehlte und Agrostis nur in Quadrat 10 stärker zur Geltung kam. Das Ergebnis war aber insofern unbefriedigend, als der Übergang von einem Pflanzenverein in einen zweiten nicht richtig erfaßt worden war. Hinzu kam dabei noch, daß sich vor die Brennesselbestände ein dichter Bestand von Rubus caesius gelegt hatte, der die Verhältnisse noch undurchsichtiger gestaltete.

Die Quadrate 7 und 11 trugen wenig zur Klärung bei, da sie hauptsächlich wegen der physiognomisch aus dem Rubus-Bestand herausragenden Carex gracilis angelegt worden waren. Quadrat 7 wies Ranunculus als Bestandteil der 2. Gruppe auf, und im Quadrat 11 wurde Mentha festgestellt, während beiden Quadraten das deckende Auftreten von Rubus und Carex gemeinsam war. So stand als nächste Aufgabe fest, eine Karte der Vegetationsverhältnisse zu zeichnen und dann durch lückenlos aneinandergereihte kleine Quadrate die einzelnen Bestände genauer zu untersuchen.

Die Vegetationskarte wurde Mitte August 1932 aufgenommen, und die durch das Gebiet gelegten großen Taxierungslinien (T) sind das erstemal Ende August vollständig quadratweise analysiert worden. Die Linien wurden, um die die Senke besiedelnden Pflanzengesellschaften restlos erfassen zu können, als quer durch sie in regelmäßigen Abständen verlaufende schmale Streifen angelegt, und die kurzen Taxierungslinien (Tk) — ausgenommen Tk 4 — sollten Stellen homogener Vegetation kennzeichnen. Es hätten für letztere natürlich auch ebensogut einzelne Quadrate verwendet werden können; aber es erschien doch vorteilhafter, zur besseren Vergleichbarkeit der Ergebnisse auch hier die Kombinierung von Linientaxierung und Quadratmethode beizubehalten.

Im folgenden Jahre (1933) wurde die erste Bestandesaufnahme Mitte April vorgenommen und dann alle 8 Wochen bis Ende Oktober wiederholt. Für die kurzen Taxierungslinien 3, 5 und 7 (Tab. 7 bis 9) als den die typische Vegetation des Ranunculus-, Urtica- und Mentha-Standortes wiedergebenden Linien sind drei

Tabelle 7. **Ranunculus-Standort**

Kurze Taxierungslinie 3 (Tk 3)

Bestandesaufnahmen vom:

22. 4. 33	1 m					2 m					3 m					3,40 m	
Ranunculus rep.	3	2	2	3	3	1	1	—	2	1	1	1	2	3	3	1	1
Ficaria verna	1	—	—	—	1					-	1	—	—	—	—	—	—
Galium ap.	—	1	1	1	--	—	1	1	1	2	2	1	2	1	1	—	1
Mentha aqu.					—					—					—	—	—
Glechoma hed.					—	—	—	2	2	1	3	—	3	2	2	1	—
Lysimachia numm.	—	1	—	—	2	—	—	—	1	—	1	1	1	1	1	1	—
Urtica di.					-	—	1	—	—	—					—	—	—
Agrostis stol.	4	1	2	1	2	3	3	2	1	1	2	1	2	1	1	1	1
12. 6. 33																	
Ranunculus rep.	4	4	5	5	5	1	1	1	1	1	1	5	4	5	4	5	5
Galium ap.	—	—	1	1	1	—	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Mentha aqu.					—					—					—	—	—
Glechoma hed.	—	—	2	1	2	—	1	1	4	2	1	2	3	2	3	2	—
Lysimachia numm.	1	1	1	1	1	—	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
Urtica di.					—					—					—	—	—
Agrostis stol.	5	5	3	2	3	5	5	5	2	3	3	1	1	1	1	1	1
25. 10. 33																	
Ranunculus rep.	1	1	1	3	3	1	—	1	2	2	3	2	4	3	3	3	3
Galium ap.	1	1	—	—	—	—	1	1	2	2	1	1	1	1	—	—	—
Mentha aqu.					—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
Glechoma hed.	3	1	1	2	3	4	5	5	2	3	3	4	4	5	5	3	3
Lysimachia numm.					—					—					—	—	—
Urtica di.					—	1	1	3	1	—					—	—	—
Agrostis stol.	5	5	5	5	5	4	3	3	3	2	1	1	—	—	—	—	—

Bestandesaufnahmen angeführt, um einen Einblick in den Vegetationsablauf an den charakteristischen Standorten des Gebietes zu geben.

Ein typischer Unterschied zwischen den drei Standorten besteht zunächst darin, daß der Ranunculus-Standort (Tk 3) und der Mentha-Standort (Tk 7) keinen Frühjahrsaspekt aufweisen, wie er an typischen Urtica-Standorten (Tk 5) zu beobachten ist. Die Ranunculus-Linie zeigt nur die die Physiognomie des späteren Sommeraspekts bestimmenden Arten als Keimpflanzen. Die Tk 7 verhält sich hiervon insofern abweichend, als Mentha aquatica und Polygonum mite als typische Arten des sommerlichen Vegetationsbildes überhaupt noch nicht vorhanden sind. Es zeigt sich deutlich, daß die Vegetation an der Tk 5 am weitesten entwickelt ist; der Boden ist schon fast vollständig von der Vegetation bedeckt. Am Ranunculus-Standort ist die Vegetation weiter zurück, und es sind noch zahlreiche vegetationsfreie Stellen zu beobachten. An der Tk 7 endlich ist von der Vegetation noch so gut wie nichts zu sehen.

Tabelle 8.

Urtica-Standort

Kurze Taxierungslinie 5 (Tk 5)

Bestandesaufnahmen vom:

18. 4. 33	1 m					2 m					3 m					4 m					5 m				
Anemone ran.	5	3	4	4	2	1	1	1	2	4	4	5	5	1	3	2	3	1	1	3	3	1	1	4	2
Ficaria verna.	1	2	1	1	2	—	1	2	3	2	1	2	2	1	3	4	2	1	1	2	1	3	—	—	1
Viola silv.	1	1	—	—	—	1	2	—	—	2	1	—	—	—	1					—	2	—	—	—	—
Glechoma hed.	3	1	1	2	2	2	2	2	1	2	1	1	2	1	2	1	1	3	1	2	1	—	1	1	1
Urtica di.	—	2	4	—	1	2	—	—	—	1	—	—	2	2	1	1	1	2	1	2	1	—	—	1	2
14. 6. 33																									
Violo silv.	—	1	—	—	—	1	2	—	—	3	1	—	—	—	1					—					—
Rubus caes.					—					—					—					—	—	1	2	3	1
Geum urb.	1	1	—	—	—	—	1	2	1	—	—	1	3	2	—	2	—	2	—	1					—
Glechoma hed.	5	5	5	3	2	5	2	2	5	4	5	3	1	4	5	4	3	4	5	4	5	2	3	1	2
Ulmus camp.					—					—	—	2	—	—	—					—					—
Carex silv.					—					—					—					—	1	2	2	—	—
Carex rem.					—					—	2	2	2	—	—					—					—
Urtica dioica	—	2	4	—	2	2	1	2	—	2	3	—	2	3	3	3	1	3	1	2	1	—	2	2	2
25. 10. 33																									
Viola silv.	—	1	—	—	—	1	2	—	—	2	1	—	—	—	1					—					—
Rubus caes.					—					—					—	—	—	—	1	—		1	4	4	—
Geum urb.	1	2	—	—	—	—	—	1	2	—	—	—	1	2	—	2	—	2	—	2					—
Glechoma hed.	4	4	3	1	2	5	4	3	5	4	3	2	3	—	3	5	4	3	5	4	5	5	4	1	2
Ulmus camp.					—					—	—	2	—	—	—					—					—
Carex silv.					—					—					—	—	—	—	2	3	1	3	2	—	—
Carex rem.					—					—	2	2	2	—	—					—					—
Urtica dioica	—	—	2	—	1	1	2	2	—	1	3	—	—	1	2	1	—	1	—	1	1	—	—	1	2

Die Gründe hierfür waren leicht zu ermitteln; sie lagen in dem verschiedenen Feuchtigkeitsgehalt und, wie die späteren Untersuchungen zeigten, auch in den an diesen später von Mentha besiedelten Stellen niedrigeren Bodentemperaturen. Im Frühjahr werden die tiefer gelegenen Punkte der Senke regelmäßig von Druckwasser überflutet. Der Boden ist naß und kalt und schafft so keine günstigen Bedingungen für die Entwicklung der Vegetation. Nach dem Sinken des Grundwasserspiegels beginnt langsam die Entwicklung der Vegetation, und erst gegen Ende Mai ist in solchen Fällen der Boden vollständig bedeckt. Interessant ist, daß noch lange nach dem Absinken des Grundwassers der ehemalige Rand des überschwemmten Gebietes durch scharfe Grenzen von Agrostis stolonifera gegenüber den durch Mentha charakterisierten Beständen erkennbar ist (Abb. 5).

Einen Monat später hat die Vegetation das Aussehen bekommen, das nun die ganze Vegetationsperiode beibehalten wird. Die Vegetationsverhältnisse zu dieser Zeit (Tab. 6) sind schon besprochen worden.

Tabelle 9.

Mentha-Standort
Kurze Taxierungslinie 7 (Tk 7)

Bestandsaufnahme vom:

19. 4. 33	1 m					2 m					3 m					4 m					5 m					5,80 m			
Ranunculus rep.	—	1	2	—	—					—					—					—					—	1	—	—	—
Galium pal.	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	2	3	4	1	3	1	2	1	1
Mentha aqu.					—					—					—					—					—				—
Lycopus europ.					—					—					—					—					—				—
Lysimachia numm.	3	2	1	2	2	2	1	3	2	2	2	3	1	3	3	2	2	3	2	3	2	2	3	3	3	2	3	2	3
Polygonum mite					—					—					—					—	—	—	—	1	—				—
Agrostis stol.					—	—	—	1	1	1	3	3	2	3	3	2	3	2	1	1	2	1	1	1	1	3	—	-	—
14. 6. 33																													
Ranunculus rep.	5	3	5	4	—					—					—					—	—	—	—	—	1	1	3	5	5
Galium pal.	3	1	2	2	2	2	3	1	4	2	2	1	3	2	3	1	1	—	1	1	2	3	4	1	1	2	1	1	1
Mentha aqu.	—	1	—	1	5	4	4	5	5	4	2	3	3	5	5	5	5	3	5	5	5	1	3	1	2	1	—	4	5
Lycopus europ.					—					—					—					—	—	—	—	—	1	1	—	—	—
Lysimachia numm.	3	3	3	5	2	5	4	3	1	4	4	3	2	2	4	2	4	2	4	3	3	4	3	4	3	3	3	3	4
Polygonum mite	1	—	1	1	—	1	—	—	—	—					—					—					—	—	1	1	—
Agrostis stol.					—	—	—	—	1	5	5	5	5	5	5	4	4	1	1	1	1	1	1	2	3	4	4	1	1
25. 10. 33																													
Ranunculus rep.	3	3	3	3	—	2	—	—	—	—					—					—	—	—	—	—	1	2	3	3	1
Galium pal.	2	1	2	2	3	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	—	1	1	1	1	1	1	—	—	1	1	1
Mentha aqu.					—	—	2	1	—	—	—	1	1	—	—	—	—	1	1	1	1	—	—	—	—	—	1	1	1	1
Lycopus europ.					—					—					—					—	—	—	—	—	1	1	—	—	—
Lysimachia numm.	3	4	4	3	3	5	4	4	3	3	3	2	3	2	1	2	2	1	1	1	2	2	1	2	—	1	1	—	—
Polygonum mite					—					—					—					—					—				—
Agrostis stol.	2	2	1	1	1	2	2	3	4	4	4	4	4	3	3	3	3	1	3	4	3	3	4	3	4	4	1	1	3

Die Bestandesaufnahmen vom Juni 1933 (Tab. 7—9) weisen die gleichen Verhältnisse bezüglich der Vegetationsentwicklung auf, wie sie aus dem Mai des Jahres 1932 (Tab. 6) bereits bekannt sind. Die Vegetation hat an Höhe und Dichte zugenommen, sich sonst aber kaum verändert.

Mitte Oktober setzt der Laubfall ein, und ein Teil der Vegetation, wie Urtica und Ranunculus beginnt abzusterben, was auch deutlich in der Verminderung des Deckungsgrades dieser beiden Arten (Tab. 7 u. 8, Aufnahme vom 25. 10.) zum Ausdruck kommt. Am Mentha-Standort (Tk 7, Tab. 9) geht die Vegetation ebenfalls stark zurück, wie durch das Verschwinden von Mentha-

Abb. 5. Vegetationsgrenze Mentha aquatica – Agrostis stolonifera

das allerdings hier — wie später erläutert werden soll — auch noch andere Gründe hat, deutlich wird.

Anfang November ist die Vegetation zum allergrößten Teil abgestorben und der Boden schon vollständig mit dem abgefallenen Laub der Bäume bedeckt. Am Urtica-Standort ragen noch hier und da Blätter von Glechoma zwischen dem abgefallenen Laub hervor, und die zahlreichen kahlen Stengel abgestorbener Brennnesseln geben noch einmal ein Bild von den im Sommer dort herrschenden Urtica-Beständen. Nur Rubus und Glechoma sind noch am Leben. Die älteren Exemplare von Ranunculus repens sind verschwunden, aber man bemerkt hier zahlreiche junge Ranunculuspflanzen. Entsprechende Verhältnisse finden sich am Mentha-Standort. Die Vegetationsperiode ist auch hier beendet, und als einzige noch assimilierende Pflanze ist Lysimachia nummularia vorhanden.

Im folgenden soll nun die Vegetation in voll entwickeltem Zu-

stand unter Beachtung der Topographie des Gebietes nach den Bestandesaufnahmen von Ende August der Jahre 1932 und 1933 einer gesonderten Betrachtung unterzogen werden. Ich beginne mit der Beschreibung der Vegetation im August 1932, weil zu dieser Zeit die Vegetationskarte aufgenommen wurde und die Bestandesaufnahmen längs der Taxierungslinien genau dem Bild entsprechen, welches die Vegetationskarte wiedergibt.

Die einzelnen Pflanzenvereine wurden bereits in großen Zügen geschildert Es sind in der Hauptsache vier, nämlich die durch Urtica und Glechoma, Ranunculus und Agrostis, Mentha und Polygonum, sowie die durch Rubus charakterisierten Bestände. Die Zusammensetzung dieser Typen im einzelnen geben die kurzen Taxierungslinien 5 (Tab. 10), 3 (Tab. 11), 7 (Tab. 12) und die große Taxierungslinie 1 zwischen Meter 8 und 11 (Tab. 14) wieder.

Tabelle 10.

Kurze Taxierungslinie 5 (Tk 5)
Bestandesaufnahme vom 29. 8. 32.

	1 m					2 m					3 m					4 m					
Viola silv.	2	—	—	1	—	—	—	1	1	—	1	—	—	—	—					—	—	—
Glechoma hed.	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4	4	5	5	5	4	3	5	3
Urtica di.	—	2	2	2	3	3	5	1	3	5	2	1	5	5	3	—	3	4	4	1	1	1
Ulmus camp. (Nachwuchs)					—					—	—	—	—	—	2	3	—	—	—	—	—	—

Die Vegetation am Urtica-Standort (Tk 5) ist hauptsächlich nur aus zwei Arten zusammengesetzt, nämlich Urtica dioica Glechoma hederacea, wozu noch Viola silvatica in geringer Menge tritt. In der näheren Umgebung der Taxierungslinie finden sich noch zerstreut Geum urbanum, Circaea lutetiana, Rubus caesius, Carex remota und Carex silvatica; Gräser fehlen ganz.

Tabelle 11.

Kurze Taxierungslinie 3 (Tk 3)
Bestandesaufnahme vom 29. 8. 32.

	1 m					2 m					3 m					
Ranunculus rep.	4	5	5	5	5	4	3	5	5	4	3	5	5	4	5	4
Galium ap.	—	1	1	—	1	—	—	1	2	—	2	1	1	1	1	—
Mentha aqu.	1	—	—	—	—	—	1	1	1	—	1	2	1	1	2	2
Glechoma hed.					—	—	—	1	1	1	2	1	1	—	—	—
Lysimachia numm.	2	2	4	4	5	4	3	1	2	1	—	1	3	4	1	3
Polygonum mite	—	—	3	1	1	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—	—
Urtica di.					—	—	1	2	—	—					—	—
Agrostis stol.	5	3	1	1	2	4	4	3	4	5	4	3	—	—	1	3

Die Flora der Tk 3 besteht auch nur aus wenigen Arten, von denen Ranunculus repens und Agrostis stolonifera die Physiognomie bestimmen. Die auch reichlich auftretende Lysimachia nummularia kommt aber infolge der dichten Vegetation der zuerst erwähnten beiden Arten physiognomisch nicht zur Geltung. Galium aparine ist gleichmäßig zwischen diesen Arten verteilt. Die übrigen hier vorhandenen Arten wie Glechoma hederacea, Mentha aquatica, Polygonum mite und Urtica dioica sind als mehr zufällige Einsprengungen anzusehen. Es drückt sich dies in der Größe dieser Pflanzen aus, die geringer ist als bei denjenigen Exemplaren, die an anderen Stellen bestandbildend auftreten. In der näheren Umgebung der Taxierungslinie finden sich noch vereinzelt Symphytum officinale, Brunella vulgaris, Festuca gigantea und Caltha palustris.

Tabelle 12. **Kurze Taxierungslinie 7 (Tk 7)**
Bestandesaufnahme vom 29. 8. 32.

	1 m					2 m					3 m				
Ranunculus rep.	—	2	2	—	—					—					—
Galium pal.	3	4	3	1	2	5	5	1	1	3	1	1	1	1	1
Mentha aqu.	1	—	—	—	—	1	—	4	5	5	5	4	5	5	4
Lycopus europ.	—	—	—	1	—					—					—
Lysimachia numm.	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	4	5	5
Polygonum mite	1	1	3	1	2	4	2	1	1	—					—
Agrostis stol.	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	1	1	1	1	4

	4 m					5 m					5,80 m			
Ranunculus rep.					—					—	—	—	1	—
Galium pal.	2	1	1	1	3	4	3	4	2	4	5	4	3	4
Mentha aqu.	2	1	2	1	2	3	4	2	5	2	1	—	—	—
Lycopus europ.					—					—				—
Lysimachia numm.	3	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Polygonum mite	—	—	1	1	—	—	2	1	1	5	4	2	2	1
Agrostis stol.	5	5	4	2	1	1	—	—	—	—				—

Der dritte Bestand (Tk 7, Tab. 12) weist als Leitpflanzen Mentha aquatica, Polygonum mite und Galium palustre auf. Lysimachia nummularia ist für diesen Pflanzenverein nicht typisch, da sie auch in dem Ranunculus-Bestand in größerer Menge vorkommt. Immerhin ist dieser Art im Mentha-Bestand ein gewisser physiognomischer Wert zuzuerkennen, da die vorhin genannten Arten (Mentha, Polygonum, Galium palustre) den Boden nicht lückenlos bedecken und zwischen sich kleine offene Stellen lassen, in denen Lysimachia sichtbar wird. Die in der Umgebung auftretenden Arten sind Ranunculus repens, Agrostis stolonifera, Lycopus europaeus und

in größerer Entfernung von der hier als Beispiel gewählten Taxierungslinie Tk 7 noch Rubus caesius. Es handelt sich aber immer nur um einzelne Pflanzen, und man kann ihnen ansehen, daß sie hier nicht besonders günstige Lebensbedingungen vorfinden, soweit sie innerhalb des Mentha-Bestandes vorkommen.

Über den Rubus-Bestand ist wenig zu sagen. In seinen Randgebieten sind meist Pflanzen der angrenzenden Bestände zu finden, und in seiner typischen Ausprägung besteht er fast ausschließlich aus Rubus caesius mit wenig Galium aparine und mitunter auch Lysimachia nummularia, da das dichte Blätterdach über dem Boden keine anderen Pflanzen aufkommen läßt.

In diese Bestände — als Grundtypen gewissermaßen — treten noch einige wenige Arten ein, die stellenweise die Physiognomie bestimmen können, wie Symphytum officinale (Tk 2), Malachium aquaticum (Tk 10), Carex remota (Tk 11), Carex gracilis (Tk 4) und Calamagrostis lanceolata (Tk 12). Ferner finden sich noch Durchdringungen dieser Grundtypen vor, die auch einen physiognomisch neuen Eindruck schaffen können.

Tabelle 13. Große Taxierungslinie 4 (T 4)
Bestandesaufnahme vom 29. 8. 32.

	13 m					14 m					15 m					16 m				
Ranunculus rep.	4	4	4	3	2	1	1	1	4	5	—	—	—	—	1	1	1	1	2	2
Ulmaria fil.					—					—					—					—
Galium ap.	1	2	1	1	1	1	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1
Symphytum off.	—	4	5	4	3	4	2	3	—	—	—	—	—	—	2	—	5	5	1	—
Mentha aqu.	1	1	3	3	—	1	—	—	—	—	1	1	1	—	1	—	1	—	—	—
Lycopus europ.					—					—					—					—
Glechoma hed.	—	1	1	1	3	1	4	5	2	2	5	2	2	5	2	3	—	—	—	—
Lysimachia numm.	—	—	—	1	1	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—	1	1	—
Rumex sang.					—					—					—					—
Polygonum mite					—					—					—					—
Urtica di.					—					—	4	4	5	5	4	2	—	—	—	1
Carex rem.					—					—					—					—
Agrostis stol.	2	2	—	2	1	3	4	4	4	4	3	3	3	2	1	2	1	3	5	5
Calamagrostis lanc.	—	—	—	—	1	1	—	1	1	1					—					—

Eine homogene Mischung zweier dieser vier als Grundtypen herausgestellten Bestände miteinander ist nicht beobachtet worden, ausgenommen beim Rubus-Bestand vielleicht, in den häufig Elemente der angrenzenden Bestände eintreten. Daß Urtica und Mentha mit ihren Begleitern sich nicht vermischen, liegt in den verschiedenen ökologischen Ansprüchen beider Vereine begründet, indem die Arten des Mentha-Bestandes nur die feuchtesten Standorte besiedeln. Anders steht es dagegen mit einer Durch-

dringung beider Bestände mit dem Ranunculus-Bestand. Die Möglichkeit scheint hierfür durchaus gegeben zu sein. Es zeigt sich aber, daß die Grenze, soweit sie jedenfalls Urtica und Ranunculus betrifft, doch recht scharf ist. Ein Beispiel hierfür gibt die große Taxierungslinie 4 bei Meter 12—17 (Tab. 13). Von Meter 13—14 ist Ranunculus vorhanden, fehlt bei dem deckenden Auftreten von Urtica von Meter 14—15 und erscheint nach dem Zurücktreten von Urtica wieder. Die Verhältnisse an der kurzen Taxierungslinie 8 bestätigen diese Beobachtung. In der Nähe des Anfangspunktes dieser Linie, wo Urtica mit hohem Deckungsgrad auftritt, sind festgestellte Exemplare von Ranunculus nur 5 cm groß, gebleicht und lassen keine lange Lebensdauer mehr erwarten. Natürlich können auch Fälle vorkommen, die einer Mischung der beiden Bestände nahekommen; aber sie sind über keine größeren Flächen verteilt und werden nur auf ganz kurze Strecken beobachtet, wie sich aus den Verhältnissen bei Meter 26,6—28,0 der T 2 erkennen läßt. Von Meter 26,6 an tritt Ranunculus zusammen mit Agrostis und Glechoma auf; ab Meter 27,0 tritt Urtica hinzu. Aber schon nach 80 cm bei Meter 27,8 hören Ur-

Tabelle 14.

Große Taxierungslinie 1 (T 1)
Bestandesaufnahme vom 29. 8. 1932.

	1 m					2 m					3 m					4 m				
Ranunculus rep.					—					—					—					—
Rubus caes.					—					—					—					—
Galium pal.					—					—					—					—
Symphytum off.					—					—					—					—
Mentha aqu.					—					—					—	—	—	2	1	1
Lycopus europ.					—					—					—					—
Glechoma hed.	4	2	2	1	3	4	4	3	3	4	5	5	5	5	4	4	3	—	—	—
Lysimachia numm					—					—					—					—
Polygonum mite					—					—					—					—
Urtica di.	2	1	—	—	1	1	—	2	—	2	—	1	—	—	—					—
Carex rem.	—	3	1	3	2	—	—	1	2	—					—					—
Agrostis stol.					—					—					—					—

	5 m					6 m					7 m					8 m				
Ranunculus rep.	—	2	—	—	—	—	1	—	1	2	2	3	2	3	5	5	4	3	3	3
Rubus caes.					—					—					—	—	—	—	—	1
Galium pal.	—	1	—	1	—	1	2	—	—	—	—	1	1	1	—					—
Symphytum off.	—	—	—	—	—	3	1	5	—	—					—	—	2	—	—	—
Mentha aqu.	1	1	1	2	2	2	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—
Lycopus europ.					—					—					—					—
Glechoma hed.					—					—					—					—
Lysimachia numm.					—					—					—					—
Polygonum mite					—					—					—	—	—	—	—	1
Urtica di.	—	—	—	—	3	—	1	1	—	—					—					—
Carex rem.	1	2	1	1	1					—					—	—	—	—	—	1
Agrostis stol.	—	—	—	—	1	1	1	—	5	5	5	5	5	5	4	4	3	4	4	3

Tabelle 14. Große Taxierungslinie 1 (T 1)
Bestandesaufnahme vom 29. 8. 1937.

	9 m					10 m					11 m					12 m				
Ranunculus rep.	1	1	1	—	—	—	1	1	1	1	3	2	4	3	4	2	1	1	2	1
Rubus caes.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	3	1	5	4	—	—	—
Galium pal.					—	1	—	1	1	1	—	—	—	1	1	—	—	1	1	3
Symphytum off.	—	—	—	1	—					—					—					—
Mentha aqu.					—	—	1	—	—	—					—					—
Lycopus europ.					—					—					—					—
Glechoma hed.					—					—					—					—
Lysimachia numm.					—					—	—	1	1	1	1	1	2	1	1	2
Polygonum mite	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—					—	—	1	1	1	1
Urtica di.					—	—	1	—	—	—					—					—
Carex rem.	1	—	—	—	—					—					—					—
Agrostis stol.	2	2	1	—	—					—	2	2	1	2	3	3	3	4	5	3

	13 m					14 m					15 m					16 m				
Ranunculus rep.	1	—	—	—	—					—					—					—
Rubus caes.					—					—					—					—
Galium pal.	1	1	2	1	3	2	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
Symphytum off.					—					—					—					—
Mentha aqu.	—	—	1	2	2	—	—	—	1	2	5	5	3	4	5	5	5	4	4	5
Lycopus europ.					—					—					—					—
Glechoma hed.					—					—					—					—
Lysimachia numm.	3	4	3	3	4	2	2	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Polygonum mite	1	—	1	2	3	3	3	3	2	1	1	1	—	—	—	—	1	—	—	—
Urtica di.					—					—					—					—
Carex rem.					—					—					—					—
Agrostis stol.	3	3	2	1	1					—	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—

	17 m					18 m					19 m				
Ranunculus rep.					—	3	4	5	5	5	5	5	4	2	—
Rubus caes.					—					—					—
Galium pal.	1	—	1	1	1	1	2	1	1	—	—	—	1	1	1
Symphytum off.	—	—	—	—	3	4	5	—	—	—					—
Mentha aqu.	3	4	5	3	1					—					—
Lycopus europ.					—					—	—	—	3	1	3
Glechoma hed.					—					—					—
Lysimachia numm.	4	3	1	3	2	3	3	4	3	4	1	1	—	—	—
Polygonum mite	1	—	2	—	—	—	—	1	—	—					—
Urtica di.	—	—	—	1	—	—	—	—	3	5	4	3	3	5	5
Carex rem.					—					—					—
Agrostis stol.	—	3	1	—	2	1	1	—	—	—	—	—	1	1	1

tica und Glechoma auf und nur Agrostis und Ranunculus sind in dieser Zone normal entwickelt; die vorhandenen Exemplare von Urtica sind hier nur 70—80 cm hoch und bleiben somit weit unter der durchschnittlichen Höhe (1,20—1,30) an den für sie typischen Standorten. Es ist also auch in diesem Falle anzunehmen, daß es sich um keine normale Vermischung der beiden Bestände handelt.

Der zweite Fall, die Durchdringung von Mentha- und Ranunculus-Bestand, wurde bereits erwähnt. Es ist festzustellen, daß von einer echten Mischung beider Bestände nicht die Rede sein kann. Streng genommen gilt dies allerdings nur für Mentha aquatica, Galium palustre und Polygonum mite einerseits und Ranunculus repens andererseits. Agrostis stolonifera kann vollkommen normal ausgebildet Mentha-Bestände besiedeln, wie aus der Bestandesaufnahme der Tk 6 hervorgeht.

Carex gracilis tritt nur in Rubus-Beständen auf und bestimmt stellenweise die Physiognomie, aber es handelt sich hier ebenfalls nicht um die Mischung zweier Bestände, sondern nur um das Zusammenvorkommen zweier Arten.

Längs der großen Taxierungslinien sind nun alle eben beschriebenen Bestände und deren Abwandlungen wieder aufzufinden. Als charakteristisch für den Aufbau der Senke seien die Verhältnisse an der T 1 ausführlicher beschrieben (Tab. 14). Vom Anfangspunkt der Linie (P 1) bis zum Meter 2,8 steigt das Gelände um 5,5 cm an, um dann stetig bis zum Meter 14,8 um 40,6 cm abzufallen und steigt von diesem Punkt wieder bis zum Ende der Linie (P 2) um 23,6 cm an. Die Linie verläuft zuerst innerhalb des Unterholzes, führt dann durch das Gebiet der kurzen Taxierungslinie 11, das ich wegen seiner Ähnlichkeit wenigstens in seinem östlichen Teil mit den Verhältnissen an der Tk 3 als kleine Ranunculus-Wiese (Rk) bezeichnet habe, durchschneidet nun den Rubus-Bestand, sodann einen schmalen Streifen eines Ranunculus-Bestandes und geht darauf in den Mentha-Bestand über. Nun wird bis zum Ende der Linie die ganze Vegetationsanordnung rückläufig durchlaufen mit dem Unterschied, daß der Rubus-Bestand, weil nicht vorhanden, ausfällt. Das in Tab. 1 kurz zusammengestellte Nivellement der Linie mit Angabe der einzelnen Bestandesgrenzen läßt diese Verhältnisse klar überschauen. Die Vegetationsanordnung Urtica (innerhalb des Unterholzes) - Ranunculus - Rubus - Ranunculus - Mentha - Ranunculus - Urtica folgt genau den relativen Höhen (Differenz zum höchsten Punkt der T) der Taxierungslinie. Relative Höhen bis 6 cm sind von Urtica dioica und Glechoma hederacea besiedelt (Meter 0—4.8). Daran schließt sich die kleine Ranunculus-Wiese, in erster Linie charakterisiert durch Ranunculus repens und Agrostis stolonifera (Meter 5,8 -8,0), bei einer relativen Höhe von 6—6,3 cm. Die nun dominierende Rubus-Zone bis zum Meter 11,2 bei einer relativen Höhe von 16,3—24,8 cm zeigt als begleitende Arten Ranunculus repens und Agrostis stolonifera, so daß man also auch sagen kann, daß der zwischen Meter 5,8 und 8,0 und dann wieder in einem sehr schmalen Streifen von Meter 11,4—12,1 auftretende typpische Ranunculus-

Agrostis-Bestand gar nicht unterbrochen, sondern nur in einer 3,2 m breiten Zone von Rubus überdeckt wird. Die Differenz zum höchsten Punkt der Linie beträgt nun bereits 27,5 cm bei Meter 12,0. Jetzt tritt Mentha auf und begleitet die Linie über ihren tiefsten Punkt (40,4 cm) hinaus bis zum Meter 17 mit einer relativen Höhe von ungefähr 30 cm. Nun folgt wieder ein schmaler Streifen von Ranunculus besiedelten Gebietes von knapp 2 Metern, das aber schon nach 60 cm (Meter 17,8) von den Ausläufern eines dahinter liegenden großen Urtica-Bestandes durchsetzt wird, was mit einem Fallen der Differenz zum höchsten Punkt der Linie einhergeht.

Auf einige charakteristische Züge in der Anordnung der Vegetationszonen sei hier noch kurz hingewiesen. Daß keine scharfe Trennung zwischen Rubus einerseits und Ranunculus und Agrostis andererseits gemacht werden kann, wurde bereits vermerkt. Ranunculus und Mentha dagegen sind scharf gegeneinander abgesetzt. Die letzte und erste Ranunculus-Pflanze vor bzw. nach dem Mentha-Bestand werden bei Meter 12,2 und 17,2 festgestellt, das erste und letzte Exemplar von Mentha aquatica bei Meter 12,6 und 17,0. Agrostis stolonifera kann dagegen auch in das Mentha-Gebiet eindringen. Dieses Gras reicht bei T1 bis Meter 13 in den Mentha-Bestand hinein, tritt innerhalb desselben vereinzelt auf und ist am Ausgange des Mentha-Bestandes von Meter 16,20 ab wieder stärker vertreten. Schließlich bleibt noch auf das Verhalten von Lysimachia nummularia hinzuweisen, die im Randgebiet des Rubus-Bestandes bei Meter 10,4 zuerst auftritt und den Abfall der Linie und ihren langsamen Wiederanstieg bis zum Meter 8,4, dem Gebiet der ersten Ausläufer des Urtica-Bestandes, begleitet. Es steht dies mit der Tatsache im Einklang, daß Lysimachia nur in den Gebieten des Ranunculus- und Mentha-Bestandes vorgefunden wird.

Die übrigen großen Taxierungslinien weisen im Prinzip den gleichen Bau auf. Die Linie T 2 (Tab. 1) durchläuft alle eben erwähnten Vegetationszonen. Es ist interessant, zu beobachten, daß ein kleiner Ranunculus-Bestand zwischen Meter 27 und 29 sich hier an einer Stelle der Taxierungslinie vorfindet, wo dieselbe sich etwas neigt. Von Meter 28—29,6 fällt die Linie um 6 cm, nachdem sie nach Austritt aus dem Mentha-Bestand bei Meter 15,6 bis hierher dauernd gestiegen war; von Meter 29,6 ab steigt die Linie wiederum an, und bei Meter 31 verschwindet dann auch Ranunculus.

Die großen Taxierungslinien 3 und 4 zeigen insofern ein etwas abweichendes Verhalten, als typische Mentha-Bestände in ihrem Bereich fehlen. Mentha aquatica und Polygonum mite treten immer nur vereinzelt auf. Aber auch hier ist die Zonierung der Vegetation gut zu erkennen.

Der naheliegende Versuch, nach Beziehungen zwischen der absoluten Höhe des Geländes und den beschriebenen Pflanzenvereinen zu suchen, führte zu keinem positiven Ergebnis. Der höchste im Gelände festgestellte Punkt war der Endpunkt der großen Taxierungslinie 3 (T 3, P 2) mit 72,543 m über N. N. Mentha-Bestände in ihrer typischsten Ausbildung (Abwesenheit von Ranunculus rep. und Agrostis stol.) wurden bei Tk 7 festgestellt, deren Höhe über NN zwischen 71,849 und 71,801 m schwankt. Von hier aus bis zum tiefsten gemessenen Punkt (T 4, Meter 21,2) mit 71,597 m sind noch rund 20 cm Höhenunterschied, trotzdem hat sich dort kein Mentha-Bestand ausgebildet. Tk 6 und Tk 1, deren Vegetation zwei vollkommen verschiedenen Typen angehört, liegen auf gleicher Höhe über NN. Ähnliche Beispiele ließen sich noch in größerer Zahl anführen. Maßgebend für das Auftreten der verschiedenen Bestände an den Taxierungslinien ist also nicht die absolute, sondern die relative Höhe der quer durch die Senke gelegten Linien. Diese Feststellung wird durch die Beobachtung bestätigt, daß bei hohem Saalewasserstand und Überschwemmung des Gebietes durch Druckwasser das Grundwasser zuerst in der Nähe der Tk 7 und dann östlich in Richtung auf die Tk 6 fortschreitend den Boden überflutet. Aus diesem Grunde wurde zuerst angenommen, die tiefsten Punkte des Gebiets lägen in der Gegend der Tk 7. Insofern war nun die Durchführung des Nivellements von Wichtigkeit, als dabei festgestellt wurde, daß sich die tiefste Stelle der Senke an einem ganz anderen Ort befand. So kann für die Ausbildung der Zonierung der Vegetation neben der relativen Höhe einer Linie vor allen Dingen der Verlauf des Grundwasserspiegels als maßgebender Faktor angesehen werden, was durch die späteren Untersuchungen seine Bestätigung fand, indem z. B. festgestellt werden konnte, daß der Grundwasserspiegel in der Nähe der Tk 1 im Vergleich zu der Lage des Grundwasserspiegels bei der Tk 6 (obwohl beide Linien die gleiche Höhe über NN aufweisen) um rund 20 cm tiefer liegt.

Die Bestandesaufnahmen vom August 1933 (Tab. 15—17) zeigen bei einem Überblick in physiognomischer Hinsicht scheinbar noch ganz das Bild des Vorjahres (vgl. auch Tab. 10—12). Es sind aber doch recht weitgehende Änderungen feststellbar, wie nun im einzelnen erörtert werden soll.

Der Urtica-Bestand (Tk 5, Tab. 15) hat sich nicht verändert. Einige Arten, wie Geum urbanum, Carex silvatica und Carex remota, sind auf der Linie neu aufgetreten, kamen aber im Jahre 1932 bereits in deren nächster Umgebung vor. Auch die Tk 8 als eine andere charakteristische Urtica-Linie hat ihre Zusammensetzung im wesentlichen beibehalten.

Die Tk 3 (Ranunculus-Bestand, Tab. 16) zeigt nur eine ganz geringfügige Veränderung der Artenliste durch den Ausfall

Tabelle 15.

Kurze Taxierungslinie 5 (Tk. 5)
Bestandesaufnahme vom 29. 8. 33.

	1 m					2 m					3 m					4 m					5 m				
Viola silv.	—	1	—	—	—	1	2	—	—	3	1	—	—	—	2					—					—
Rubus caes.					—					—					—					—	—	1	4	4	—
Geum urb.	1	2	—	—	—	—	—	1	2	—	—	1	4	2	—	2	—	2	—	2					—
Glechoma hed.	5	5	5	2	2	5	4	3	5	4	5	4	2	5	4	5	5	3	5	5	4	4	5	5	5
Urtica di.	—	3	5	2	1	2	2	4	3	5	5	2	5	5	5	5	3	5	5	4	5	2	3	2	3
Ulmus camp.					—					—	—	2	—	—	—					—					—
Carex silv.					—					—					—	—	—	—	2	3	2	3	2	—	—
Carex rem.					—					—	2	2	2	—	—					—					—
Moos	2	2	1	1	2	—	3	5	4	3	5	5	3	3	5	5	3	2	—	4	5	5	4	3	—

von Polygonum mite (vgl. Tab. 11), aber die Physiognomie dieses Bestandes hat sich doch stark verändert. Glechoma hederacea hat die ganze Linie und ihre Umgebung dicht besiedelt; Urtica ist, wenn auch nur kleine Exemplare vorhanden sind, zahlreicher geworden; Mentha ist stark zurückgegangen, und der Deckungsgrad von Ranunculus hat sich vermindert, während er für Agrostis noch unverändert geblieben ist. Berechnet man den „durchschnittlichen Deckungsgrad" auf den Metern 0—3 (die Werte für 1932 sind in Klammern dahinter gesetzt), so ergeben sich

Tabelle 16.

Kurze Taxierungslinie 3 (Tk 3)
Bestandesaufnahme vom 29. 8. 33.

	1 m					2 m					3 m					3.40 m	
Ranunculus rep.	4	4	5	4	5	1	2	3	2	2	3	5	4	3	1	4	5
Galium ap.	—	—	1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Mentha aqu.					—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
Glechoma hed.	2	1	2	1	1	5	5	3	2	2	3	5	5	5	5	3	3
Lysimachia numm.	1	—	—	—	1	1	1	1	—	—	—	—	—	1	1	1	1
Urtica di.					—	1	3	1	2	—					—	—	—
Agrostis stol.	5	5	5	4	3	4	1	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1

für diese Arten folgende Verhältnisse: Urtica dioica 0,4 (0,2), Glechoma hederacea 3,1 (0,5), Ranunculus repens 3,2 (4,5), Agrostis stolonifera 2,6 (2,6), Mentha aquatica 0,1 (0,9). Es ist also deutlich eine beginnende Durchsetzung des Ranunculus-Bestandes mit Elementen des Urtica-Bestandes festzustellen.

Der Mentha-Bestand hat sich, man kann fast sagen in entsprechender Weise durch Einwanderung von Elementen des Ranunculus-Bestandes (Ranunculus rep. und Agrostis stol.) nach dieser Richtung hin verändert. Für den inneren Teil

der Taxierungslinie 7 (Meter 1,4—4,8) hat sich diese Einwanderung noch nicht geltend gemacht (Tab. 17), wohl aber sind Anfang und Ende der Linie schon reichlich mit Ranunculus besiedelt, während 1932 die gesamte Linie noch praktisch frei von Ranunculus war (Tab. 12). Agrostis stolonifera, das 1932 nur einen Teil der Linie stärker deckte (Meter 3—4), hat sich jetzt mit hohem Deckungsgrad über das ganze Gebiet der Linie ausgebreitet. Mentha aquatica ist zwar in ihrem Deckungsgrad noch nicht zurückgegangen, aber von den sie begleitenden Arten hat sich Galium palustre stark vermindert, und Polygonum mite

Tabelle 17.

Kurze Taxierungslinie 7 (Tk 7)
Bestandesaufnahme vom 29. 8. 33.

	1 m					2 m					3 m				
Ranunculus rep.	3	3	4	1	—	3	2	—	—	—					—
Galium pal.	1	1	1	1	1	1	2	3	1	1	1	1	1	1	2
Mentha aqu.	—	—	—	2	3	5	4	3	2	3	1	1	2	2	3
Lycopus europ.					—					—					—
Lysimachia numm.	3	4	3	4	2	2	2	2	3	3	3	2	3	1	2
Polygonum mite					—					—					—
Agrostis stol.	1	1	1	1	3	1	1	1	3	3	4	5	5	5	5

	4 m					5 m					5.80 m			
Ranunculus rep.					—	—	—	—	—	4	1	3	5	5
Galium pal.	2	1	—	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1
Mentha aqu.	3	2	2	2	3	4	2	2	3	3	1	2	3	5
Lycopus europ.					—	—	—	—	—	1	1	—	—	—
Lysimachia numm.	2	1	1	1	1	1	1	1	2	—	2	1	2	1
Polygonum mite	—	—	—	—	1					—				—
Agrostis stol.	5	5	4	4	5	5	5	5	4	5	5	4	3	2

ist fast vollständig verschwunden, was wieder gut zum Ausdruck kommt, wenn in der obigen Weise der „durchschnittliche Deckungsgrad" ermittelt wird. Zur Berechnung ist die gesamte Linie von Meter 0—5,8 herangezogen worden. Die „mittleren Deckungsgrade" betragen bei Mentha aquatica 2,3 (2,2), Galium palustre 1,2 (2,6), Polygonum mite 0 (1,2), Ranunculus repens 1,2 (0,2), Agrostis stolonifera 3,5 (1,0). Für die Tk 6 sind analoge Veränderungen nachweisbar. Wenn Ranunculus diese Linie auch noch nicht besiedelt hat, so zeigen doch von den den Mentha-Bestand zusammensetzenden Arten Mentha aquatica und Galium palustre einen leichten Rückgang des Deckungsgrades, und Polygonum mite ist wie bei Tk 7 fast ganz verschwunden. Agrostis stolonifera hat sich seit dem Vorjahre weiter ausgebreitet und ist auf der ganzen Linie mit hohem Deckungsgrad vorhanden. Andere dem Mentha-Bestand fremde

Elemente, wie Urtica dioica, Rubus caesius und Symphytum officinale sind in der nächsten Umgebung der Linie aufgetreten.

Die Änderungen der durch Symphytum officinale, Malachium aquaticum, Carex remota, Carex gracilis und Calamagrostis lanceolata charakterisierten Linien liegen meist alle in der gleichen Richtung, indem sich ein Rückgang von Elementen des Ranunculus-Bestandes bemerkbar macht und dafür Urtica und Glechoma stärker hervortreten.

Überblickt man die Veränderung der Vegetation noch einmal, so ist als wesentlichstes Ergebnis eine Ausbreitung von Urtica dioica und Glechoma hederacea festzustellen. Aber nicht nur die innerhalb der typischen Ranunculus-Bestände 1932 vorgefundenen Brennessel-Inseln haben sich ausgebreitet, sondern auch die aus dem Unterholz herausragenden Urtica-Bestände haben sich ausgedehnt.

Für den Ranunculus-Bestand ist zu sagen, daß er allgemein im Zurückgehen begriffen ist und nur an wenigen und relativ kleinen Stellen, die vorher durch den Mentha-Bestand besiedelt waren, neue Standorte in Besitz genommen hat.

Die Mentha-Bestände sind stark vermindert worden und nur noch in nächster Nähe der Tk 7 annähernd normal ausgebildet, doch auch hier hat Agrostis stolonifera ihre ursprüngliche Physiognomie schon stark verändert.

Die prinzipielle Anordnung der Vegetationszonen hat keine Änderung erfahren, nur die Ausdehnung der einzelnen Vegetationsgebiete hat entweder zu- oder abgenommen.

Als ich im Sommer 1935 das untersuchte Gebiet nördlich des Lehmannweges auf der Rabeninsel wieder besuchte, war von den ursprünglichen Mentha-Beständen so gut wie nichts mehr zu sehen. Ranunculus-Bestände hielten sich im wesentlichen nur noch auf den früher von Mentha besiedelt gewesenen Teilen, während Urtica und Glechoma, durchsetzt von Calamagrostis, Symphytum, etwas Agrostis und Carex remota, sowie Rubus das ganze auf der Vegetationskarte senkrecht schraffierte Ranunculus-Gebiet bis zur gestrichelten Grenzlinie und von Norden her bis zur Tk 6 in Besitz genommen hatten. Die Gründe hierfür sind vor allem in einer Verschlechterung der Wasserversorgung der in ihrem Bestand zurückgegangenen Arten zu sehen, worauf in dem Abschnitt über die Korrelationen zwischen Vegetation und Standortsbedingungen noch einmal zurückzukommen sein wird.

Die Standortsfaktoren.

Entnahme der Bodenproben.

Die Bodenproben wurden Ende des Sommers 1932 in der Zeit von Mitte September bis Anfang Oktober entnommen. Zur Ermittlung der Strukturverhältnisse des Bodens wurden die Proben nach der Zylindermethode entnommen (vgl. Methodik der physikal. Bodenanalyse). Gleichzeitig wurde, um immer nur Boden aus einer bestimmten Schicht zu erhalten, dieser in jedem Falle aus einer kleinen Probegrube gesammelt.

Über die am Standort beobachteten Eigenschaften des Bodens unterrichtet am besten die Wiedergabe eines Auszuges aus dem Protokoll. Es sind dabei die Notizen über die Proben derjenigen Standorte ausgewählt worden, die auf Grund der Zusammensetzung der Vegetation als typisch zu bezeichnen sind.

1. Proben 221 und 200. Probenahme am 15. 9. 1932 aus 0—12 und 20—25 cm Tiefe. Ort der Probenahme: T 2, Meter 2. Vegetation charakterisiert durch Urtica dioica und Glechoma hederacea. Der Boden ist noch mit abgefallenen, bereits stark in Verrottung übergegangenen Blättern aus der vorjährigen Vegetationsperiode bedeckt. Diese Schicht (ungefähr 1,5 cm stark) wurde vor der Probenahme weggeräumt.

a) Probenahme mittels Stahlzylinder. Die Zylinder lassen sich gut in den Boden eintreiben. Störungen bei der Probenahme durch stärkere Wurzeln und Rhizome im Boden sind selten. Traf der Zylinder auf Rhizome von Urtica (der häufigste Fall), mußte die Probenahme wiederholt werden. Beim Abschneiden des über den Zylinderrand herausragenden Bodens (nach dem Ausgraben des Zylinders), zerbröckelt der Boden in kleine Krümel. In keinem Fall läßt sich der Boden in „Scheiben" abschneiden.

b) Probenahme aus der Grube. Tiefe der ausgegrabenen Grube 30 cm. Farbe des Bodens bis 10 cm: tief-dunkelbraun bis schwarz; bis 20 cm Aufhellung der Bodenfarbe: Boden dunkelbraun gefärbt; ab 20 cm weitere Aufhellung der Farbe: die Bodenfarbe bekommt einen Stich ins Gelbliche, die typische Braunfärbung bleibt aber erhalten. Die angegebenen Farbunterschiede lassen sich nicht scharf abgrenzen, sondern gehen ganz allmählich ineinander über. Eine Bohrung mit dem Stockbohrer zeigt, daß bis 70 cm Tiefe die Farbe des Bodens sich nicht mehr wesentlich ändert und den bereits bei 30 cm beobachteten kräftigen braunen Farbton beibehält. Der Bo-

den ist locker und zeigt bis zum Grunde der Probegrube (30 cm) gut ausgebildete Krümelstruktur.

2. Proben 230 und 300. Probenahme am 26. 9. 1932 aus 0—12 und 20—25 cm Tiefe. Ort der Probenahme: T 3, Meter 16. Vegetation charakterisiert durch Ranunculus repens und Agrostis stolonifera. Die Bodenoberfläche ist mit mehr oder weniger stark verrotteten Blättern aus der letzten Vegetationsperiode bedeckt. Vor der Probenahme wurde diese Schicht beseitigt.

a) Probenahme mittels Stahlzylinder. Die Probenahme ist ohne Schwierigkeiten möglich. Beim Abschneiden des über den Zylinderrand herausragenden Bodens zerbröckelt dieser zu größeren Krümeln als bei Probe 221. „Scheibenbildung" beim Wegschneiden des Bodens wird nicht beobachtet.

b) Probenahme aus der Grube. Bis 8 cm Tiefe ist der Boden tief dunkelbraun gefärbt; bis 20 cm ist die Farbe des Bodens heller (dunkelbraun bis braun); ab 20 cm ist die Bodenfarbe ein helleres Braun. Für die Farbänderungen können keine bestimmten Grenzen angegeben werden, da die Übergänge ganz allmählich verlaufen. Von 20—25 cm Tiefe ab ist keine wesentliche Änderung der Bodenfarbe mehr festzustellen (Profiluntersuchung mit Stockbohrer). Bis 20 cm ist der Boden locker und krümelig. Die Krümel sind etwas grösser als bei der Probe des Urtica-Standortes (Pr. 221). Ab 20 cm ist der Boden fester und weniger gut gekrümelt. Der Boden klebt aber noch nicht, d. h. er weist noch keine eigentlichen tonigen Eigenschaften auf. Die Proben 230 und 300 ähneln in ihren Eigenschaften denen des Urtica-Standortes sehr stark.

3. Proben 210 und 100. Probenahme am 3. 10. 1932 aus 0—12 und 20—25 cm Tiefe. Ort der Probenahme: Tk 7, Meter 1. Vegetation charakterisiert durch Mentha aquatica, Polygonum mite, Galium palustre und Lysimachia nummularia. Auf der Bodenoberfläche liegende, wenig zersetzte Blätter aus der vorigen Vegetationsperiode wurden vor der Probenahme abgeräumt.

a) Probenahme mittels Stahlzylinder. Im Boden sind zahlreiche kleine und größere Zweigstückchen meist von Pappeln (2—20 cm lang) vorhanden, die die Probenahme sehr erschweren. Die Zylinder mußten mehrmals neu aufgesetzt werden, ehe sie sich glatt in den Boden einschlagen ließen. Die Zylinder lassen sich hier mit geringerem Kraftaufwand in den Boden eintreiben als am Urtica- und Ranunculus-Standort. Der nach dem Ausgraben über den unteren Rand des Zylinders hinausragende Boden läßt sich in Form dünner Scheibchen abschneiden, was auf hohen Tongehalt des Bodens hindeutet. Der über den oberen Rand des Zylinders hinausragende Boden bröckelt beim Abschneiden in Form von Klumpen ab. (Gegensätzliches Verhalten zu den Probenahmen am Urtica- und Ranunculus-Standort).

b) Probenahme aus der Grube. Die Bodenfarbe ist bis ungefähr 6 cm Tiefe dunkelbraun; bis 20 cm ist der Boden braun bis hellbraun und ab 20 cm deutlich hellbraun gefärbt. Die Übergänge verlaufen allmählich, sind aber deutlicher abgesetzt als bei den beiden anderen Standorten. Bis 90 cm Tiefe ist die Färbung des Bodens unverändert hellbraun. Der Boden ist dicht gelagert, nur die obersten 10 cm zeigen eine schwach ausgebildete Krümelstruktur. Von hier ab macht der Boden einen tonigen Eindruck. Beim Zerreiben zwischen den Fingern krümelt der Boden nicht mehr, sondern formt sich zu kleinen Kugeln.

Diese Auszüge aus dem Protokoll lassen erkennen, daß die Böden deutlich voneinander verschieden sind. Vom Urtica-Standort über den Ranunculus-Standort zum Mentha-Standort verschlechtert sich die Krümelstruktur, die tonigen Eigenschaften treten in den Vordergrund. Die Bodenfarbe in den tieferen Schichten der Krume ändert sich dahin, daß am Mentha-Standort der Boden heller gefärbt ist als an den beiden anderen Standorten, was auf verschiedenen Gehalt an organischen Stoffen schließen läßt. Auch die Stärke der obersten, fast schwarz gefärbten Bodenschicht nimmt nach dem Mentha-Standort hin ab. Weitere Unterschiede zeigen sich in dem Verrottungsgrad der abgefallenen Blätter aus der vorjährigen Vegetationsperiode. Am Urtica-Standort sind die Blätter am stärksten zersetzt worden. Schon die hier herausgestellten Unterschiede lassen erwarten, daß auch die physikalischen und chemischen Eigenschaften dieser Böden deutlich voneinander verschieden sein werden. Die Böden vom Urtica- und Ranunculus-Standort werden dabei wahrscheinlich untereinander mehr Ähnlichkeit in physikalischer und chemischer Hinsicht aufweisen als die Böden des Ranunculus- und Mentha-Standortes. Wie die Ergebnisse der physikalischen und chemischen Bodenanalyse gezeigt haben, sind diese Erwartungen in vollem Umfange bestätigt worden.

Die Untersuchung des Bodenprofils wurde im Rahmen der Bestimmung der Höhe des Grundwasserspiegels mit dem Stockbohrer längs der großen Taxierungslinien 1 und 2 alle 20 bis 50 cm durchgeführt. Es ergab sich, daß die an den drei Stellen der Probenahme (Pr. 221—200, 230—300, 210—100) gefundenen Verhältnisse für ihren Standort charakteristisch sind. Es soll deshalb auf die Wiedergabe der Profiluntersuchungen im einzelnen verzichtet werden.

Physikalische Bodenanalyse.

Methodik und Ergebnisse.

Die physikalischen Bodenuntersuchungen sind nach der Vorschrift von Blohm (1927, S. 151/52) ausgeführt, soweit Probe-

nahme, Volumgewichtsbestimmung und Ermittlung der maximalen Wasserkapazität in Frage kommen. Für die Schlämmanalyse wurden die Angaben von Vageler und Alten (1931, S. 42—44) zugrunde gelegt. Auf die Darstellung der Versuchsmethodik im einzelnen kann hier verzichtet werden, da von den angeführten Vorschriften nicht abgewichen worden ist. Für die Untersuchung der Bodenstruktur kam nur eine Methode in Frage, die den Boden im natürlich gelagerten Zustand beläßt. Hierzu eignen sich am besten die sog. Zylindermethoden. Nach Spennemann (1933, S. 147) liegt der Vorteil dieser Methoden darin, daß sie auf alle Böden anwendbar sind, eine schnelle Probenahme ermöglichen, längere Transporte ohne Zerstörung des Bodengefüges aushalten und schließlich die erzielten Ergebnisse in jeder Hinsicht vergleichbar sind.

Tabelle 18.

Liste der Bodenproben.

Nr. d. Probe	Tiefe (cm)	Pflanzenwuchs	Ort der Entnahme
201	10—17	Urtica, Glechoma	Tk 5
202	0—10	„ „	Tk 5
200	20—25	„ „	Tk 2
221	0—12	„ „	T 2
281	0—10	„ „	Rabeninsel, südl. Teil
282	0—10	„ Galium	Rabeninsel, nördl. Teil
240	0—12	Glechoma, Carex rem.	Tk 1
300	20—25	Ranunculus, Agrostis	T 3
230	0—12	„ „	T 3
231	3—7	„ „	T 3
232	0—3	„ „	T 3
250	10—15	„ „	Tk 3
252	0—10	„ „	Tk 3
100	20—25	Mentha, Polygonum	Tk 7
209	0—8	„ „	Tk 7
210	0—12	„ „	Tk 7

Die in Tab. 19 zusammengestellten Werte der physikalischen Bodenuntersuchung lassen für die einzelnen untersuchten Standorte klare Beziehungen erkennen. Aus diesen Zahlen geht deutlich hervor, daß der Urtica-Standort (Pr. 202 und 221) die geringste Wasserkapazität, die Proben des Ranunculus-Standortes (Pr. 230 und 252) eine höhere und diejenigen des Mentha-Standortes (Pr. 209 und 210) die höchsten Werte aufweisen. Auch für das spezifische Gewicht des Bodens, das Volumen der festen Bodenteile und das Porenvolumen liegen die Verhältnisse ähnlich, indem die Extreme bei den Böden des Urtica- und Mentha-Stand-

ortes auftreten. Ein abweichendes Verhalten zeigt nur die Luftkapazität. Die Differenz zwischen den Proben 221 und 230 ist aber so gering, daß die eben dargelegten Beziehungen keine Änderung erfahren. Schließlich sagen ja die hier angeführten Ergebnisse noch nichts über die Standortsverhältnisse als solche aus. Sie gewähren zunächst nur einen Einblick in die Strukturverhältnisse des Bodens. Die für jeden der drei untersuchten Standorte ermittelten Zahlen z. B. für die Wasserkapazität besagen noch nicht, daß im Laufe der Vegetationsperiode sich die natürlichen Wassergehalte der Böden dieser Standorte unbedingt auf ein gleiches Verhältnis zueinander einstellen müssen; ein Gleiches gilt natürlich auch für die Luftführung des Bodens, die ja durch den jeweiligen Wassergehalt bedingt ist. Wenn Apsits (1933, S. 918/19) festgestellt hat, daß „in demselben Boden zur selben Zeit — nur in Abhängigkeit von den Dichtigkeits-Lockerheits-Abstufungen der Erde —" die Feuchtigkeitszahlen „... in bezug auf die Zahlen der kapillaren Porosität im gleichen Sinne" schwanken, so ist dieses Ergebnis durch die besonderen experimentellen Umstände bei Apsits zu erklären. Das gleichsinnige Schwanken des Feuchtigkeitsgehaltes mit der kapillaren Porosität wird von Apsits damit begründet, daß die Kapillaren immer genügende Wassermengen finden, um in vollem Umfange ihr Vermögen zu zeigen, das Feuchtigkeitsprozent des Bodens zu heben. Dies ist aber nur möglich, wenn wie bei Apsits die zu untersuchenden Böden gleichen klimatischen Bedingungen (vor allem Niederschlag) ausgesetzt sind. Für die Verhältnisse an den von mir untersuchten Standorten ist ein entsprechendes Schwanken des Feuchtigkeitsgehaltes mit den Werten der kapillaren Porosität nicht ohne weiteres vorauszusetzen. Infolge der verschiedenartigen Belaubung der Standorte, der Abstände der Bäume voneinander usw. werden z. B. auch die Niederschläge ganz unterschiedlich auf die einzelnen Standorte verteilt werden (vgl. z. B. auch Markgraf 1922, S. 16 oder Vallin 1925, S. 94), so daß Überschneidungen des gleichsinnigen Schwankens der Bodenfeuchtigkeit mit den Zahlen der kapillaren Porosität bei den einzelnen Standorten möglich sein können. Daß die Vegetation der untersuchten Standorte bzw. der Rabeninsel durchaus nicht an eine bestimmte Wasserkapazität gebunden ist, zeigen die Bestandesaufnahmen und die Übersicht in Tab. 18. Die Probe 240 beispielsweise besitzt eine Wasserkapazität, die zwischen den Werten des Ranunculus- und Mentha-Standortes liegt, obwohl die Vegetation am Ort der Probenahme in ihrer Zusammensetzung derjenigen des Urtica-Standortes am nächsten kommt. Noch deutlicher tritt dies für die Proben 281 und 282 in Erscheinung. Die Zusammensetzung der Vegetation entspricht hier fast genau derjenigen des Urtica-Standortes, während die Wasserkapazität der Größenordnung nach den Werten des Mentha-Standortes gleichkommt.

Tabelle 19.

Physikalische Bodenanalyse.

Nr. der Bodenprobe	1 a	1 b	2	3	4	5	6 a	6 b	7
202	1,408	0,889	—	—	—	36,92	58,53	52,03	—
221	1,378	0,870	36,3	63,7	12,8	36,92	58,53	50,92	2,40
240	1,225	0,712	—	—	—	41,90	72,12	51,35	—
230	1,346	0,818	33,5	65,5	13,9	39,29	64,72	52,94	2,44
252	1,334	0,774	—	—	—	42,45	73,76	57,09	—
209	1,382	0,794	—	—	—	42,56	74,10	58,83	—
210	1,352	0,741	29,6	70,4	9,2	45,24	82,62	61,22	2,50
281	1,281	0,702	—	—	—	45,23	82,58	57,82	—
282	1,306	0,718	—	—	—	45,04	81,95	58,84	—
Mittel:									
202/221	1,393	0,880	—	—	—	36,92	58,53	51,48	--
230/252	1,345	0,796	—	—	—	40,87	69,24	55,02	—
209/210	1,367	0,768	—	—	—	43,90	78,36	60,03	--

1a) Scheinbares spez. Gew. (Volumgew.), Boden abgesättigt.
1b) " " " " Boden absolut trocken.
2) Volumen der festen Bodenteile in %.
3) Porenvolumen in %.
4) Luftkapazität in %.
5) Wassergehalt in Gewichtsprozent (naturfeuchter Boden).
6a) Wasserkapazität in Gew.-%.
6b) " " Vol.-%.
7) (wahres) spez. Gew. des Bodens.

Die in Tab. 19 dargestellten Werte stimmen recht gut mit den von Höft (1889, S. 12/16) ermittelten physikalischen Daten für einen Boden der Luppe-Aue in der Nähe von Leipzig überein. Er fand das spezifische Gewicht der Krume (0—30 cm) zu 2,425 und des Untergrundes (60 cm) zu 2,495. Die Wasserkapazität mit rund 50 Volumprozent und das Porenvolumen mit 53,40 und 52,04% liegen ebenfalls in der gleichen Größenordnung wie die entsprechenden Wert der Tab. 19.

Die eben besprochenen physikalischen Verhältnisse in ihren Beziehungen zu den einzelnen Standorten werden noch übersichtlicher, wenn die Ergebnisse der Schlämmanalyse (Tab. 20) betrachtet werden.

Tabelle 20.

Schlämmanalysen.

Nr.	Tiefe	Feinsand	Silt	Ton
200	20-25	21.92	51.24	26.84
221	0-12	26.97	46.98	26.05
300	20-25	22.50	47,98	29.52
230	0-12	25,10	47.82	27,08
231	3-7	37.70	40.20	22,10
100	20-25	15,95	45,89	38,16
210	0-12	21.86	49.20	28.94

Abgrenzung der Korngrößen:
Feinsand: 0,2-0,02mm; Silt: 0,02-0,002; Ton: kleiner als 0,002mm.

Die Proben aus den tieferen Schichten der Krume (Pr. 200, 300, 100) besitzen gegenüber den entsprechenden Proben aus den höheren Schichten einen stärkeren Silt- und Tongehalt und einen entsprechend geringeren an Feinsand (z. B. 200—221; 300—230 — 231; 100—210). Charakteristische Unterschiede treten aber erst bei einem Vergleich der drei Standorte untereinander zutage. So zeigt sich vom Urtica-Standort über den Ranunculus-Standort zum Mentha-Standort eine Abnahme des Feinsand- und Siltgehaltes und eine Zunahme des Tongehaltes. Es ist natürlich nicht ohne weiteres zu entscheiden, worauf diese Tatsachen zurückzuführen sind. Diese Erscheinungen kommen aber nicht nur in der Analyse zum Ausdruck, sondern sind bereits am Standort erkennbar. Die Proben des Mentha-Standortes weisen gegenüber den Proben der beiden anderen Standorte einen weitgehenden Verlust der Krümelstruktur und Übergang in Einzelkornstruktur auf. Der Boden der Probe 100 z. B. stellt im feuchten Zustand eine plastische

Masse dar, die beim Trocknen sehr stark verhärtet. Der Boden zeigt also schon typische Toneigenschaften. Obwohl bei den Proben 200 und 300 der Tongehalt ebenfalls hoch ist, lassen sie doch hinsichtlich der eben erwähnten Eigenschaften infolge ihrer gut ausgebildeten Krümelstruktur ein anderes Verhalten erkennen. Auch die entsprechenden Proben der obersten Krumenschicht zeigen bezüglich ihrer Struktur die gleichen Verhältnisse wie die darunter liegende Schicht. Die Probe 210 jedoch (Mentha-Standort 0—12 cm) besitzt noch nicht die tonigen Eigenschaften in dem starken Maße wie Probe 100. Sie weist sogar noch eine leidliche Krümelstruktur auf, die sich aber mit der Tiefe dann sehr schnell verliert und in 20—25 cm nicht mehr vorhanden ist.

Die obersten Bodenschichten der Krume sind in ihrer Zusammensetzung nicht so stark, wenn auch immer noch deutlich, voneinander unterschieden wie die Proben der tieferen Schicht; so ist z. B. genau wie bei den Proben 200, 300 und 100 auch bei den entsprechender. Proben 221, 230 und 210 eine Abnahme des Feinerdegehaltes und eine Zunahme des Tongehaltes zu erkennen. Daß aber in diesem Falle die Differenzen zwischen den extremen Werten kleiner sind, wirkt sich in einer Zunahme der Zahlen für den Siltgehalt aus. Dadurch ist aber die allgemeine Tendenz der größeren Feinkörnigkeit der Proben des Mentha-Standortes gegenüber denen des Ranunculus- und Urtica-Standortes nicht berührt worden.

Bei Einteilung der untersuchten Böden nach dem Schema von Thaer (Heuser 1931, S. 21/22) sind alle Böden zu den schweren Tonböden zu rechnen. Nach Thaer enthalten solche Böden 60—70% Ton und Beimischungen von höchstens 5% Kalk oder Humus. Der Begriff Ton wird dabei „im Sinne feinster bei Benutzung der Schlämmanalyse abschlämmbarer Teilchen" angewandt. Zu den abschlämmbaren Bestandteilen rechnet man dabei alle Teilchen mit einem Durchmesser von kleiner als 0,05 mm.

Die in Tab. 19 dargestellten Verhältnisse für Wasserkapazität und Porenvolumen der typischen Proben der drei Standorte (202—221, 230—252, 209—210 bzw. 221, 230, 210) finden nun auch ihre natürliche Erklärung. Mit zunehmendem Tongehalt steigt die Kapillarität eines Bodens und bis zu einer gewissen Grenze auch das Porenvolumen. Wird diese Grenze überschritten, d. h. also bei sehr dichter Lagerung des Bodens, nimmt die Porosität wieder ab. Wie aus den Zahlen der Spalte 3 (Porenvolumen) hervorgeht, ist diese Grenze hier nicht erreicht worden. Umgekehrt hat sich mit zunehmendem Tongehalt der betreffenden Probe die nicht kapillare Porosität vermindert, und zwar nicht nur absolut sondern auch prozentual in bezug auf das Porenvolumen. Steigender Tongehalt bedingt also eine zunehmende Kapillarität und unter Berücksichtigung der eben gemachten einschränkenden Bemerkung auch eine

Zunahme des Porenvolumens und damit eine Zunahme der kapillaren Porosität bzw. der maximalen Wasserkapazität.

Als Beispiel für hohen Gehalt alluvialer Böden an abschlämmbaren Bestandteilen seien hier Schlämmanalysen von Böden des Nildeltas erwähnt, die von Krische (1929, S. 439) mitgeteilt werden. Die Böden sind arm an grobem Sand, dagegen sehr tonreich. Der Tongehalt beträgt bis zu 43,32%. Wie später gezeigt werden soll, weisen die Böden des Nildeltas auch außerordentlich große Ähnlichkeiten in ihrem chemischen Verhalten mit den hier untersuchten Böden auf.

Für die Auswertung der Schlämmanalyse ist zu berücksichtigen, daß die Eigenschaften eines Bodens nicht gleich der Summe der Eigenschaften der einzelnen Fraktionen sind, „weil in einem normalen Boden die einzelnen Fraktionen fest miteinander verbunden sind zu zusammengesetzten Partikeln" (Russel 1914, S. 99). Nur „grobe Veränderungen des Zerteilungsgrades lassen sich u. a. wohl mit Hilfe der Schlämmanalyse in einer zweckentsprechenden Form ... erfassen, bei geringen Veränderungen des Dispersitätsgrades versagen aber die bekannten Methoden meistenteils" (Hager 1931, S. 80). Bei Übertragung dieser Bemerkung auf die hier untersuchten Bodenproben läßt sich als Ergebnis herausstellen, daß erstens bei den Proben der verschiedenen Standorte „gröbere Veränderungen des Zerteilungsgrades" vorliegen, da sie durch die Schlämmanalyse haben erfaßt werden können, und daß zweitens mit zunehmender Annäherung an den Grundwasserspiegel der Dispersitätsgrad der untersuchten Böden ansteigt.

Um festzustellen, ob auch bei Behandlung der Böden der einzelnen Standorte mit vollkommen andersartigen Methoden Unterschiede in physikalischer Hinsicht in gleicher Weise wie bisher feststellbar sind, wurden einzelne Proben mit schweren Lösungen behandelt und der Anteil der dabei gewonnenen Fraktionen bestimmt (Tab. 21). Das spezifische Gewicht der schweren Lösungen wurde dabei so gewählt, daß die Wahrscheinlichkeit für die Erzielung unterschiedlicher Werte gering war. Hierzu wurde eine Lösung mit einem spezifischen Gewicht von rund 1,80 gewählt, weil das spezifische Gewicht von Humus nach Schucht (1930, S. 100) kleiner als 1,80 ist. Da z. B. die Proben aus den tieferen Bodenschichten (Pr. 200, 300, 100) in ihren Humusgehalten nicht allzu stark voneinander abweichen (vgl. Tab. 51), war von vornherein

Tabelle 21.

Bodenfraktion $s < 1{,}885$.

Nr. der Bodenprobe:	200	221	300	100	210
	5,64	36,00	3,53	2,94	33,95%

nicht sicher, ob tatsächlich Unterschiede auftreten würden. Wie aber aus Tab. 21 hervorgeht, verhielt sich die Größe der Fraktionen

mit einem kleineren spezifischen Gewicht als 1,84 bei den einzelnen Proben genau so wie ihr Gehalt an organischem Kohlenstoff. Erstaunlich ist der hohe Anteil dieser Fraktion am Gesamtboden bei den zwei untersuchten Proben aus dem oberen Teil der Krume (Pr. 221, 210). Jedenfalls zeigen sämtliche ausgeführten Bestimmungen die schon öfters festgestellte Tatsache, daß die Bodenproben von den drei untersuchten Standorten immer scharf voneinander unterschieden sind.

Zur Versuchsanstellung ist zu erwähnen, daß sie die methodischen Beobachtungen von König und Mitarbeitern (1914, S. 173 ff.) bestätigt. So sind nach König (S. 173/174) Mineralsalzlösungen zur Abtrennung der Fraktionen nicht anwendbar, „weil sie leicht chemische Veränderungen im Boden bewirken und sich nur schwer wieder auswaschen lassen". Versuche mit einer gesättigten Lösung von Zinkchlorid (spez. Gew. 1,82) führten in meinem Fall nicht zum Ziel. Die Fraktionen ließen sich zwar gut voneinander trennen, aber quantitativ schlecht bestimmen. Außerdem waren die Fraktionen außerordentlich stark verhärtet. Vermutlich haben Reaktionen mit den organischen Bodenbestandteilen (Ligninen?) stattgefunden, wie ja z. B. auch Zinkchlorid zur Imprägnierung von Holz technisch Verwendung findet. Gute Ergebnisse wurden mit der Anwendung eines Benzol-Bromoform-Gemisches erzielt, wie auch König und Mitarbeiter (S. 174) feststellten. Die dort angestellten Beobachtungen über die Indifferenz dieses Gemisches gegen den Boden können bestätigt werden. Zentrifugiert wurde 10 Minuten mit ungefähr 3500—4000 Touren. Obwohl nur wenige Bestimmungen mit der Zentrifuge durchgeführt werden konnten, zeigte sich doch, daß die Methode in der beschriebenen Form anwendbar ist und eine leichte Verarbeitung der erhaltenen Fraktionen gestattet.

Bodenfeuchtigkeit.

Um die an den drei Standorten tatsächlich herrschenden physikalischen Bodenverhältnisse, soweit sie Feuchtigkeitsgehalt und Durchlüftung betreffen, genauer zu studieren, sind in der Zeit vom 13. 10. bis 28. 10. 1932 täglich und in der Zeit vom 4. 4. bis 30. 11. 1933 soweit möglich ein- bis zweimal wöchentlich Wasserbestimmungen ausgeführt worden. Die Bodenproben wurden an je einem für jeden Standort typischen Fleck aus 10—15 cm Tiefe entnommen.

Bei den Beobachtungen im Herbst 1932 zeigte sich, daß die Werte der maximalen Wasserkapazität beim Urtica- und Ranunculus-Standort nicht erreicht werden, wenn auch manche Werte ihnen recht nahe kommen, wie z. B. beim Urtica-Standort am 28. 10. und beim Ranunculus-Standort am 21. 10., wo

die Wassergehalte des Bodens auf 96,6 bzw. 99,3% der maximalen Wasserkapazität ansteigen. Die niedrigsten während dieser Zeit beobachteten Werte machen noch 75,7% der maximalen Wasserkapazität aus (U: 17.10.; R: 13.10.). Daß es sich hierbei durchaus nicht um Ausnahmefälle handelt, geht aus den Beobachtungen des Jahres 1933 hervor. Am Urtica-Standort wird die maximale Wasserkapazität wiederum nicht erreicht. Der Wassergehalt steigt bis auf 50,2% = 85,9% der maximalen Wasserkapazität am 17.6. 1933 an. Am Ranunculus-Standort wird in einem Fall (24.6.) der Wert der maximalen Wasserkapazität um 4,8% überschritten. Fälle, in denen mehr als 85% der maximalen Wasserkapazität (entsprechend einem Wassergehalt von mehr als 55%) erreicht werden, sind nicht selten (an 10 von 50 Beobachtungstagen). Extreme Verhältnisse bietet in dieser Hinsicht der Mentha-Standort. So wurde während der Zeit vom 13.10. bis 28.10. 1932 die maximale Wasserkapazität in 8 Fällen überschritten. In allen übrigen Fällen macht die Bodenfeuchtigkeit mehr als 85% derselben aus. Die Zahl der Beobachtungstage betrug hier 16. Im zweiten Fall (Beobachtungen vom 4.4. bis 30.11. 1933) sind diese Verhältnisse an drei bzw. 15 von 20 Beobachtungstagen verwirklicht. Dabei ist zu beachten, daß diese Werte fast ausschließlich in den Monaten April bis Juni auftreten. Die geringsten an den drei Standorten beobachteten Werte betragen immer noch fast 50% der maximalen Wasserkapazität (U: 11.10. 40,4%; R: 21.9. 45,0%; M: 6.9. 45.3%).

Selbstverständlich können aus diesen Zahlen keine Schlüsse über die Wasserbelieferung der Pflanzen gezogen werden. Zur Bestimmung der für die Pflanzen nutzbaren Mengen an Bodenwasser dienen besondere Verfahren, wie z.B. die von Sekera (1932, S. 102) ausgearbeitete Methode der Bestimmung des kritischen Wassergehaltes. Sinkt der Wassergehalt des Bodens unter den kritischen Wassergehalt, so ist kein für die Pflanzen nutzbares Wasser im Boden mehr enthalten. Nach den Beobachtungen an den einzelnen Standorten erschien aber die Anwendung dieser Methode für den hier vorliegenden speziellen Fall unnötig. Die Unterschreitung des kritischen Wassergehaltes muß sich in einem Welken der Vegetation bemerkbar machen. In der Zeit vom 5.8. –30.9 bzw. —14.10.1933 wurden die niedrigsten Wassergehalte festgestellt. Diese Trockenperiode fällt in die Hauptvegetationszeit vieler Pflanzen. Urtica dioica und Calamagrostis lanceolata standen zu dieser Zeit auf der Rabeninsel in voller Blüte. Während der Blüte weisen die Pflanzen einen erhöhten Wasserverbrauch auf, aber in keinem Fall wurde ein Welken dieser beiden Arten und der sonst auf der Rabeninsel vertretenen Spezies beobachtet. Die Pflanzen müssen also in der Lage gewesen sein, ihren Wasserbedarf stets in ausreichendem Maße zu decken, was ja auch bei dem großen Wasservorrat, den das in geringer Entfernung von der Oberfläche liegende

Grundwasser darstellt, anzunehmen war. Es war interessant, daß an Stellen, bei denen die Zufuhr von Grundwasser gestört war, Welkungserscheinungen Ende August in starkem Maße zu beobachten waren. Auf der Rabeninsel waren im Herbst 1932 Drainagearbeiten ausgeführt worden. Die ausgehobenen Erdmassen wurden jeweils zu beiden Seiten der Gräben aufgeschüttet. Im Frühjahr 1933 waren zahlreiche junge Brennesseln auf diesen Erdhaufen zu sehen, die bald dichte Bestände bildeten. Diese Erdhaufen standen nun aber in keiner Beziehung zum Grundwasserspiegel mehr, und so war dann Ende August ein Welken dieser Brennesselbestände zu beobachten. Viele von ihnen gingen sogar gegen Ende September ein. Bei ungestörten Bodenverhältnissen jedoch war der Lebensablauf der Vegetation nicht behindert worden. Somit kann angenommen werden, daß selbst die niedrigsten Werte für den natürlichen Wassergehalt noch oberhalb des kritischen Wassergehaltes liegen. Die von verschiedenen Seiten bei sehr feinkörnigen Böden bestimmten hohen Werte für die kapillare Steighöhe des Wassers können gewissermaßen zur Bestätigung herangezogen werden (vgl. Zunker 1930, S. 99; Höft 1889, S. 18). Von Rotmistroff (1926) wird allerdings hervorgehoben, daß bisher immer die Bedeutung des kapillaren Wasseraufstieges überschätzt worden ist.

Tabelle 22.

Wasserergiebigkeit g/qcm, Stunde.

Datum	U	R	M
6. 11.	0,30	0,70	1,32
9. 11.	0,44	0,83	1,15
15. 11.	0,53	0,60	1,18
17. 11.	0,36	0,40	1,31
28. 11.	0,98	1,56	1,67
30. 11.	1,00	1,14	1,17
Mittel	0,60	0,87	1,30

Eine Bestätigung für die Annahme, daß die niedrigsten an den Standorten beobachteten natürlichen Wassergehalte noch über dem kritischen Wassergehalt liegen, liefern die Bestimmungen der Wasserergiebigkeit pro qcm und Stunde nach Sekera (1932, S. 64/65). Die Ermittelung geschieht in der Weise, daß Gipskörper von 31,45 ccm Inhalt und einer saugenden Fläche von 3,14 qcm 15 Minuten lang mit der Saugfläche auf den Boden aufgesetzt werden. Aus der Wasseraufnahme wird die Wasserergiebigkeit in g pro qcm und Stunde errechnet. Die erzielten Ergebnisse sind in Tab. 22 enthalten. Sekera (1932, S. 73) unterscheidet zwischen der „im Zustande der Wasserkapazität herrschenden Ergiebigkeit", die er mit E bezeichnet und der „charakteristischen Wasserergiebigkeit" (e). Der letztere Wert hängt eng zusammen mit dem kritischen Wasser-

gehalt, bei dem die Wasserbelieferung der Pflanze ins Stocken gerät. Zwischen beiden Größen liegen diejenigen Feuchtigkeitsgrade, die in der Natur am häufigsten anzutreffen sind. Nach Sekera „wird die Wasserbelieferung der Pflanzen am richtigsten durch die Wasserergiebigkeit in diesem Kurvenbereich gekennzeichnet werden können". Die in der Zeitspanne vom 6. 11.—30. 11. 1933, in der die Versuche mit den Gipsmodellen angestellt wurden, beobachteten Wassergehalte liegen zwar unter dem in den Monaten April bis November 1933 gewonnenen Mittelwert (Tab. 23), jedoch entsprechen die Werte vom 6.—30. 11. sowohl im einzelnen als auch in ihren Mittelwerten (Tab. 23) den seit Anfang August vorherrschenden

Tabelle 23.

Bodenfeuchtigkeit, Luftführung.
(Beobachtungsmittel)

Tag	Wassergehalt in Gew.-% bezogen auf abs. trockenen Boden			Luftgehalt in Vol.-%		
	U	R	M	U	R	M
3. 4.—29. 4.	45,6	54,3	78,3	24,0	22,1	12,4
3. 5.—21. 5.	39,1	45,8	66,1	29,7	29,0	21,4
14. 6.—24. 6.	47,5	52,4	68,6	22,4	23,6	19,6
8. 7.—29. 7.	36,2	46,9	61,8	32,2	28,1	24,6
2. 8.—26. 8.	27,2	37,4	54,6	40,0	35,9	30,0
2. 9.—30. 9.	26,9	31,9	46,9	40,3	40,4	35,7
4.10.—14.10.	24,4	33,5	51,5	42,5	39,1	32,3
6.11.—30.11.	27,1	39,5	49,4	40,1	34,2	33,8
3. 4.—30.11.	34,8	43,1	61,1	33,4	31,2	25,2

niedrigeren Werten (Tab. 24). Es ist also anzunehmen, daß die erhaltenen Werte der Wasserergiebigkeit Zahlen darstellen, die unter dem allgemeinen Durchschnitt liegen werden. Die Mittelwerte der Tab. 22 (Wasserergiebigkeit) entsprechen größenordnungsmäßig den E-Werten eines Lehmbodens (E: 0,70 g qcm, Std.) und eines sandigen Lehmbodens (E: 1,17 g qcm, Std.), die Sekera (1932, S. 73) anführt. Ein Tonboden mit einem Porenvolumen von 56,2% und einer Wasserkapazität von 47,6 Vol.-Proz. liefert 0,46 g Wasser pro qcm und Stunde im Zustande der Wassersättigung. Obwohl dieser Tonboden einen höheren Wassergehalt (47,6 Vol.-Proz. oder 42,0 Gew.-Proz. bezogen auf absolut trockenen Boden) besitzt als die Böden des Urtica- und Ranunculus-Standortes und ferner die Zahlen für die Wasserkapazität erkennen lassen, daß es sich um einen leichteren Boden als bei den hier zur Untersuchung vorliegenden Proben handeln muß, ist die maximale Wasserergiebigkeit (E) trotzdem geringer als bei den Böden des Urtica- und Ranunculus-Standortes. Der Boden des Mentha-Standortes kann zum Vergleich nicht herangezogen werden, da er einen höheren

Wassergehalt als der von Sekera untersuchte Tonboden besitzt. Immerhin ist bemerkenswert, daß dieser schwere Boden des Mentha-Standortes eine lebhafte Wasserergiebigkeit besitzt, die der eines sandigen Lehmbodens im wassergesättigten Zustande gleichkommt. Dabei liegen die Wassergehalte des Mentha-Bodens während der Zeit vom 6.—30. 11. 1933 noch beträchtlich unter dem allgemeinen Beobachtungsmittel. Aus alledem kann mit großer Wahrscheinlichkeit geschlossen werden, daß selbst in den Zeiten, in denen an den drei Standorten die geringsten Wassergehalte beobachtet wurden, den Pflanzen immer genügende Wassermengen im Boden zur Verfügung stehen.

Der Urtica-Standort zeigt in allen Fällen die kleinste und der Mentha-Standort immer die größte Wasserergiebigkeit. Also auch in dieser Hinsicht lassen sich die einzelnen Standorte genau wie bei dem natürlichen Wassergehalt scharf gegeneinander abgrenzen.

Die Werte für die Durchlüftung der Böden stehen in ursächlichem Zusammenhange mit den Werten des Wassergehaltes. Diejenigen Tage, die den höchsten bzw. geringsten Wassergehalt aufweisen, zeigen dann die niedrigste bzw. höchste Durchlüftung. Die Werte betragen für den Urtica-Standort 115% (28. 10. 1932) und 155% (13. 6. 1933) bzw. 197% (17. 10. 1932) und 338% (11. 10. 1933) der Luftkapazität. Beim Ranunculus-Standort lauten die entsprechenden Werte 96% (21. 10. 1932) und 81% (24. 6. 1933) bzw. 187% (13. 10. 1932) und 307% (21. 9. 1933) und für den Mentha-Standort schließlich 19% (15. 10. 1932) und 7% (22. 4. 1933) bzw. 394% (13. 10. 1932) und 454% (6. 9. 1933). Die Frage, inwieweit der Charakter der Vegetation durch den Luftgehalt des Bodens bestimmt wird, ist ohne nähere Untersuchungen nicht zu entscheiden. Leiningen-Westerburg (1931, S. 376) ist mit Hesselmann der Meinung, daß übermäßige Wasserzufuhr an und für sich nicht schädlich ist, sondern der dabei auftretende Luftmangel die ausschlaggebende Rolle spielt. Die andere Frage, ob die Durchlüftung des Bodens für die an den einzelnen Standorten gedeihende Vegetation ausreichend ist, ist leicht im positiven Sinne zu beantworten, da die Vegetation selbst bei hohen Feuchtigkeitsgehalten des Bodens nie irgendwelche Schädigungen aufwies.

Zeichnet man die Kurven für den natürlichen Wassergehalt der drei Standorte nach den Beobachtungen des Jahres 1933, so fällt zunächst ins Auge, daß die Kurve für den Mentha-Standort, von zwei Ausnahmen abgesehen (19. 7. und 30. 11.), über der Kurve des Ranunculus-Standortes und dauernd über der des Urtica-Standortes liegt. Die Werte der Ranunculus-Kurve fallen zweimal mit denen der Urtica-Kurve annähernd zusammen (12. 4. und 27. 5.) und liegen in zwei Fällen (24. 5. und 17. 6.) unter der

Urtica-Kurve. So ergibt sich, abgesehen von den erwähnten Ausnahmen, daß die drei Standorte in ihren Wassergehalten deutlich voneinander unterschieden sind. Ein ähnliches Kurvenbild würde sich bei graphischer Darstellung der Werte für die Luftführung des Bodens ergeben. Die Tab. 23 gibt die Mittelwerte für die einzelnen Monate wieder. Die aus der Reihe fallenden Werte machen sich hier nicht mehr bemerkbar. In allen Fällen ist die Rangordnung U — R — M eingehalten.

Tabelle 24.

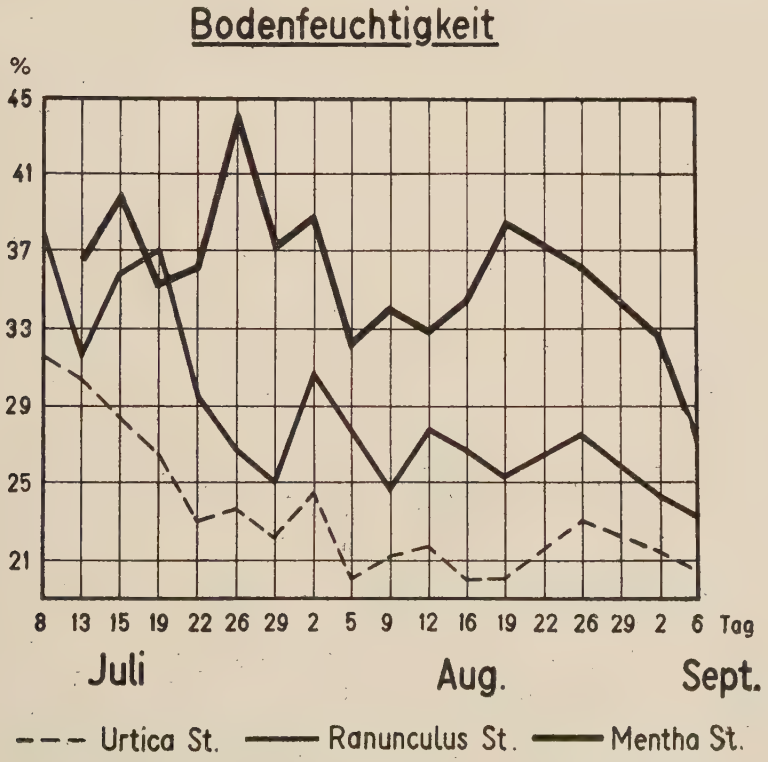
Bodenfeuchtigkeit.
Wassergehalt in Gew.-%, bezogen auf absolut trockenen Boden.

Tag	U	R	M
26. 7. 33.	30,9	36,4	78,6
29. 7. 33.	28,5	33,3	59,0
2 8. 33.	32,3	44,1	62,9
5. 8. 33.	25,0	38,1	47,3
16. 8. 33.	25,2	36,4	52,4
19. 8. 33.	25,0	33.9	62.6

Verfolgt man den Verlauf der genannten Kurven im einzelnen und versucht, den Ursachen für das Steigen und Fallen der Kurven nachzugehen, stößt man bald auf Schwierigkeiten. Wie leicht zu sehen ist (Tab. 24), verhalten sich die Kurven durchaus nicht immer gleichartig. So zeigen z. B. die Werte vom 16. und 19. 8. ein Ansteigen beim Mentha-Standort, ein Gleichbleiben beim Urtica-Standort und ein Fallen beim Ranunculus-Standort. Andererseits gibt es natürlich auch Fälle, in denen die Kurven gleichsinnig verlaufen, wie z. B. in der Zeit vom 26. 7. bis 5. 8. oder 26. 8. bis 6. 9. bzw. 23. 9. Vergleicht man den Verlauf der drei Kurven für die gesamte Beobachtungsperiode, so ist festzustellen, daß sich die Ranunculus- und Urtica-Kurve ähneln, während die Mentha-Kurve meist einen anderen Verlauf aufweist, wie z. B. der Verlauf der Kurven in der Zeit von Anfang Juli bis Anfang September 1933 deutlich erkennen läßt (Kurve 1).

Eine Wasserzufuhr kam nun in Frage hauptsächlich durch Steigen des Grundwassers und durch Niederschläge. Beobachtungen über den Grundwasserstand an den drei Standorten liegen für die Zeit vom 29. 4. bis 21. 6. vor. Danach zeigte der Grundwasserspiegel während dieser Periode praktisch keine Differenzen. Der Wassergehalt weist dagegen beträchtliche Schwankungen auf, die durchaus nicht immer gleichsinnig verlaufen. Auch der Versuch, diese Schwankungen durch die Niederschläge zu erklären, führte nicht zum Ziel, wenn auch in einer Reihe von Fällen Beziehungen erkennbar waren. Nun sind natürlich die Verhältnisse in ihrer Deutung dadurch erschwert, daß die Verdunstung am Standort, der Wasser-

verbrauch der Vegetation, sowie die Nachlieferung von Wasser durch kapillar aufsteigendes Wasser unbekannt sind. Auch Whitney und Hosmer (1897) fanden bei ihren Untersuchungen, daß Erdbodenfeuchtigkeit und Niederschlagsmenge nicht immer parallel laufen. Sie messen vielmehr der Verdunstung besondere Bedeutung bei. So beobachteten sie mitunter vor einem Regen eine höhere Bodenfeuchtigkeit als nachher. Den Grund sehen sie meist in einer plötzlichen Sistierung der Verdunstung durch den erhöhten atmosphärischen Wassergehalt. Die unterschiedliche Belaubung, die ver-



Kurve 1.

schiedene Vegetation der einzelnen Standorte usw. kommen noch als weitere den Wassergehalt des Bodens beeinflussende Faktoren hinzu und erschweren die Aufdeckung der Zusammenhänge.

Im großen und ganzen findet sich, daß ein gleichsinniges Verhalten der Feuchtigkeitszahlen und der kapillaren Porosität zu erkennen ist, wie es von Apsits (1933) beobachtet wurde, sofern man darunter nur die relative Lage der Kurven zueinander ver-

steht und die Forderung nach gleichsinnigem Verlauf der drei Kurven ausschließt.

Die gewonnenen Ergebnisse stimmen gut mit den Beobachtungen von Wollny (1885, S. 371) überein, der feststellte, „daß die von den Böden im feuchten und nassen Zustande eingeschlossenen Luftmengen im großen und ganzen um so größer sind, je kleiner deren Wasserkapazität ist". So ist der Luftgehalt des Bodens vom Mentha-Standort, der die größte Wasserkapazität aufweist, in der Regel kleiner als derjenige der Böden der beiden übrigen Standorte. Im Zusammenhang damit steht die gleichfalls von Wollny beobachtete und hier wieder gefundene Tatsache, daß die Luftkapazität eines Bodens um so größer ist, je kleiner dessen Wasserkapazität ist (vgl. Tab. 19, Pr. 221, 230, 210). Auch die Beobachtungen von Wollny (1893, S. 406/407) über Wassergehalt und Wasserdurchlässigkeit von Böden verschiedener Struktur konnten bei den untersuchten Böden bestätigt werden. So stellte Wollny fest: „Der Wassergehalt der Böden wächst im allgemeinen mit der Feinheit der Bodenelemente und ist im pulverförmigen Zustand der Masse beträchtlich größer als im krümeligen, weil mit der Abnahme der Korngröße bzw. durch die Pulverung die Wasserkapazität des Materials wächst und die Abwärtsbewegung des in dieselben eingedrungenen atmosphärischen Wassers vermindert wird." Auch die Feststellung von Wollny, daß der Boden um so größere Wassermengen verdunstet, „je kleiner die Partikel sind, weil in dem gleichen Maße der kapillare Aufstieg des Wassers gefördert und die Abtrocknung der Oberfläche vermindert ist", findet ihre Bestätigung. „Im Zustande der Einzelkonstruktur verdunstet der Boden mehr Wasser als in jenem der Krümelstruktur, weil in ersterem Falle der Verdunstungsverlust leichter aus dem Wasservorrat des Bodens gedeckt wird als in letzterem." Wie aus den Beobachtungen über die absolute Luftfeuchtigkeit an den drei Standorten hervorgeht, ist dieselbe in der Regel am Mentha-Standort am höchsten. Die Wasserdampfmengen stammen aus dem Boden (abgesehen von dem bei der Transpiration der Pflanzen frei werdenden Wasser) und müssen somit in ihrer jeweils vorhandenen Menge das Produkt der Verdunstung sein. Die von Apsits (1933, S. 930) gefundenen Werte über die Aeration und die Aeration in Prozenten des Porenvolumens liegen in der gleichen Größenordnung wie die hier beobachteten Werte. Apsits kommt zu dem Ergebnis, daß die Aeration in Prozenten des Porenvolumens zwischen 20,55 und 83,92 schwanken kann und die Luft gewöhnlich 40—60% der Hohlräume der Ackerkrume einnimmt. Ein Vergleich mit den von mir ermittelten Werten zeigt, daß die Mittelwerte in den einzelnen Monaten im allgemeinen ebenfalls zwischen 40 und 60% des Porenvolumens liegen. Nur bei dem Boden des Mentha-Standortes sinken die Werte öfters unter 40%. Es wurde jedoch bereits mehr-

fach festgestellt, daß der Boden des Mentha-Standortes schon recht extreme Verhältnisse aufweist. Allerdings sind Fälle, in denen die Aeration unter 20% des Porenvolumens sinkt, nicht allzu zahlreich.

„Zusammenfassend lassen sich die Beziehungen am besten mit E. Blancks ‚Haupt- und Leitsätze für die die Luftversorgung regelnden Gesetzmäßigkeiten' wiedergeben: ‚Genau so wie die Durchlässigkeit eines Bodens für Wasser ist seine Durchlässigkeit für Luft um so größer, je größer die einzelnen den Boden bildenden festen Teilchen sind oder je höher der Grad der Krümelung des Bodens ist. Feinkörnigkeit und Einzelkonstruktur verringern sie, ebenso, wie die Menge des vorhandenen Wassers entgegenwirkt', d. h. also, alle Veränderungen dieser Faktoren wirken sich auf die Durchlüftungsverhältnisse aus, wie es in erster Linie auch das Wasser ist, welches in der Natur die schlechte Durchlüftung der Böden mit all ihren schädlichen Folgen für das Pflanzenleben bewirkt." (Giesecke 1930, S. 314).

Betrachtet man noch einmal die Ergebnisse der physikalischen Analyse, besonders der Schlämmanalyse, so sind die erhaltenen Beobachtungsergebnisse vollkommen eindeutig. Der Boden mit dem höchsten Tongehalt (Mentha-Standort) besitzt die höchste Wasserkapazität, in praktisch allen Fällen den höchsten natürlichen Wassergehalt und die geringste Wasserdurchlässigkeit im Vergleich zu den Böden mit geringeren Tongehalten (Urtica- und Ranunculus-Standort).

Tabelle 25.

Bodenfeuchtigkeit.
(bezogen auf absolut trockenen Boden).
Gew.-%.

	U		R		M	
Tag	10	50	10	50	10	50 cm
20. 9. 33.	19,3	18,9	22,6	24,0	28,7	37,8

Aus den Beobachtungen ergibt sich weiterhin die häufig zu beobachtende Erscheinung (z. B. Apsits 1933, S. 923) der Feuchtigkeitsabnahme bis zu einer gewissen Tiefe (Tab. 25). Beachtenswert ist dabei die Bestimmung des Wassergehaltes vom 20. 9. 1933 aus 10 und 50 cm Tiefe. Der Urtica-Standort zeigt noch eine ganz leichte Abnahme des Wassergehaltes, Ranunculus- und Mentha-Standort weisen dagegen bereits eine Zunahme auf. Prozentual auf den Wassergehalt in 10 cm Tiefe berechnet beträgt die Abnahme bei dem Urtica-Standort 2%, die Zunahme bei den beiden anderen Standorten 6 bzw. 32%. Diese Beobachtung ist mit der verschiedenen Lage der drei Standorte zum Grundwasserspiegel in Einklang zu bringen, indem sich hier bei dem Ranunculus- und Mentha-Standort bereits der Einfluß des Grundwassers be-

merkbar macht, und zwar beim Mentha-Standort stärker, weil dieser dem Grundwasserspiegel am nächsten liegt.

Die Methodik der chemischen Bodenanalyse.

1. Bauschanalyse.

Die Bauschanalyse vermittelt die Kenntnis von der Elementarzusammensetzung des Bodens. Es ist klar, daß zur Beurteilung z. B. der im Boden vorhandenen Nährstoffvorräte oder des augenblicklichen Entwicklungszustandes des Bodens die Bauschanalyse ungeeignet ist, worauf von vielen Seiten immer wieder mit Nachdruck hingewiesen worden ist. So kommt es, daß besonders von seiten der Agrikulturchemie die Durchführung der Bauschanalyse abgelehnt wird, weil aus ihr keine Folgerungen für die Praxis gezogen werden können. Den Wert der Bauschanalyse sieht deshalb Valmari (1921, S. 11) z. B. auch nur in der geologischen Charakterisierung des Bodens. Maßgebend ist also, unter welchen Gesichtspunkten die Bauschanalyse durchgeführt wird. Da der Boden unverwitterte, verwitterte und organische Bestandteile gleichzeitig enthält, also bereits das Produkt einer Umwandlung und Veränderung des Muttergesteins darstellt, kommt eine Aufrechnung des Analysenergebnisses nach mineralogischem Vorbild nicht in Frage. Die chemische Charakterisierung eines Bodens kann durch die Bauschanalyse allein nicht durchgeführt werden, da sie weder die mineralogische Zusammensetzung eines Bodens zu beurteilen erlaubt, noch Schlüsse über den durch Verwitterung, chemische, physikalische und biologische Vorgänge im Boden geschaffenen augenblicklichen Zustand zuläßt. Wohl aber ist die Bauschanalyse in der Lage, Aufschlüsse zu geben, wenn sie durch Untersuchungsverfahren ergänzt wird, die z. B. eine Gegenüberstellung von verwittertem und unverwittertem Bodenanteil gestatten. Es ist allgemein anerkannt, daß die Bodenkunde Fragen nach dem Wesen des Bodens und der Bodenbildung nur unter Zuhilfenahme der chemischen Analyse lösen kann. Utescher (1930, S. 209) hat recht, wenn er betont, daß die Bauschanalyse des Bodens allein die Lösung dieser Fragen nicht recht vorwärts bringt, da die Gefahr von Fehlschlüssen groß ist. Er schreibt: „Es wird eine gewisse Beziehung, unter Umständen Parallelität, zwischen der Menge einiger Komponenten und einigen Bodeneigenschaften festgestellt. Auch auf Anreicherung oder Auswaschung dieses oder jenes Bestandteiles in den einzelnen Horizonten wird geschlossen. Da hierbei aber nur die absoluten Prozentzahlen berücksichtigt werden, nicht aber ihr Verhältnis zueinander, bzw. zu der am wenigsten beweglichen Komponente, der Tonerde, so kann es leicht zu Fehlschlüssen kommen.“ So ist heute der Wert der „differenzierenden Analyse“ (Utescher 1930, S. 210)

allgemein anerkannt durch Ermittlung des zuerst von van Bemmelen unterschiedenen salzsäurelöslichen Komplexes A und des in konzentrierter Schwefelsäure löslichen Komplexes B bei der tonigen Verwitterung. Die Ergebnisse der Bauschanalyse sind in der vorliegenden Untersuchung ergänzt und erläutert worden durch den salzsauren Bodenauszug und die Bestimmung der adsorbierten metallischen Kationen des „Zeolith- und Humatteiles" des Bodens.

Die Bauschanalyse des Bodens umfaßt sowohl die Bestimmung der als Glührückstand verbleibenden Mineralbestandteile des Bodens und der Aschenbestandteile der organischen Stoffe als auch der beim Glühen des Bodens flüchtigen Stoffe wie der mineralischen Kohlensäure, des organischen Kohlenstoffs, des anorganischen und organischen Stickstoffs und des physikalisch und chemisch gebundenen Wassers. Methoden zur gesonderten Bestimmung der Mineralbestandteile des Bodens und der Aschenbestandteile der organischen Stoffe existieren nicht. Rein theoretisch wäre natürlich eine gesonderte Bestimmung beider Komponenten des Bodens zu fordern.

Glühbeständige Mineralteile des Bodens.

Die Analyse der glühbeständigen Mineralteile des Bodens erfolgte nach den üblichen Methoden der Silikatanalyse. Zugrunde gelegt wurde dabei als Anleitung für die Durchführung der Analyse in der Hauptsache die Darstellung von Gedroiz (1926). Auf eine ausführliche Beschreibung der Methodik kann deshalb verzichtet werden.

Zur Ermittlung der beim Glühen des Bodens flüchtigen Bestandteile wurden die nachfolgenden Methoden angewandt.

Glühverlust und Gesamtgehalt der Mineralstoffe des Bodens.

Unter Glühverlust des Bodens wird die Summe aller jener Bestandteile mit Ausnahme der mineralischen Kohlensäure und des hygroskopischen Wassers verstanden, die sich beim starken Glühen des Bodens — bei ungefähr 1000—1100° — verflüchtigen.

Die zu untersuchende Bodenprobe wurde zunächst langsam erhitzt, bis die organischen Stoffe verbrannt waren, und dann vor dem Gebläse oder im elektrischen Ofen bis zur Gewichtskonstanz geglüht.

Bei der Berechnung des Ergebnisses wird der Gehalt des Bodens an mineralischer Kohlensäure von dem ermittelten Glühverlust abgezogen. Die Differenz dieser Werte — ausgedrückt in Gewichtsprozenten zu 100 — gibt den Gesamtgehalt der Mineralstoffe im Boden an.

Die Behandlung des Bodens mit Ammonkarbonat nach dem Glühen zur Rückgewinnung ausgetriebener Kohlensäure, die z. B. von Russel (1914, S. 207) und Couture (1929, S. 149) vor-

geschlagen wird, gibt, wie bereits van Bemmelen (1891, S. 282) und neuerdings Rieser (1931, S. 235) sowie Mehring (1905, S. 236) anführen, keine exakten Werte. Nach Mehring gelingt bei Behandlung mit Ammonkarbonat zwar „die Wiederherstellung des Karbonats bei chemisch reinem Kalziumkarbonat, aber sie gelingt ... nie bei natürlichen karbonathaltigen Böden".

Im Rahmen der Bestimmung des Gehaltes der Böden an Kalziumkarbonat und Magnesiumkarbonat (s. u.) wurde — in analoger Weise wie vorstehend beschrieben — der Glühverlust der untersuchten Böden bei 400° bestimmt.

Mineralische Kohlensäure.

(1) Gesamtmenge.

Die Bestimmung wurde nach der Methode von Lunge und Rittener (1906, S. 1849) durch Zersetzung der Karbonate des Bodens mit verdünnter Salzsäure bei vermindertem Druck und volumetrischer Bestimmung der entwickelten Kohlensäure ausgeführt. Diese Methode ist gleichzeitig geeignet, den Fehler auszuschalten, der durch Zersetzung organischer Stoffe unter Bildung von Kohlendioxyd beim Kochen mit Säuren entsteht. Nach Gedroiz (1926, S. 17) und Rieser (1931, S. 233) wird dieser methodische Fehler umso größer, je konzentrierter die angewandte Säure ist und je länger die Flüssigkeit im Sieden erhalten wird. Nach Marr (1908/10, S. 160) wird dieser Fehler aber vermieden, wenn die Bestimmung bei erniedrigtem Druck ausgeführt wird. Er schreibt: „If possible, distillation under reduced pressure should be used, as under this condition practically no decomposition of organic matter takes place, while carbonate is readily decomposed: the distillation should be continued for twenty minutes at a temperature of about 50° C." Zur gleichen Ansicht gelangte auch Gaither (1913). Da im vorliegenden Fall die verwandte Apparatur nach Lunge und Rittener mit der Wasserstrahlung scharf evakuiert wird, Salzsäure geringer Konzentration (1 : 6, ca. 5 prozentig) angewandt wird und das Auskochen des in der verdünnten Salzsäure gelösten Kohlendioxyds nur kurze Zeit in Anspruch nimmt, die Zerlegung der Karbonate des Bodens sonst aber in der Kälte vorgenommen wird, dürften damit alle Bedingungen gegeben sein, um eine Zersetzung der organischen Stoffe auszuschalten.

(2) Gehalt des Bodens an Kalzium- und Magnesiumkarbonat.

Nach Gedroiz (1926, S. 19—21) sind zur Bestimmung der an Kohlensäure gebundenen Mengen der Erdalkalien zwei Methoden anwendbar. Die erste beruht auf der Lösung der Karbonate des Kalziums und Magnesiums bei weitgehender Schonung des adsorbierenden Bodenkomplexes und der nachfolgenden Bestimmung der in Lösung gegangenen Mengen an Kalzium und Magnesium. Bei der

zweiten Methode wird das im Boden vorhandene Magnesiumkarbonat durch Glühen bei maximal 550° zersetzt und die im Boden verbliebene, an Kalzium gebundene Kohlensäure nach den Methoden der Bestimmung der Gesamtkohlensäure ermittelt. Die an Magnesium gebundene Kohlensäuremenge wird dann aus der Differenz zum Gesamtkohlensäuregehalt des Bodens errechnet. Diese Methode versagt nur bei der Anwesenheit schwer zersetzbarer Karbonate im Boden, wie Dolomit und Magnesit. Die Prüfung ergab die Abwesenheit derartiger Verbindungen.

Es stand nun der Anwendung der von Gedroiz (1926, S. 20 bis 21) beschriebenen Methode zur „Bestimmung des an Kohlensäure gebundenen Kalziums nach vorangehender Zersetzung des kohlensauren Magnesiums" nichts im Wege. Hierzu wurden 5 g Boden in einem geräumigen Porzellantiegel zur Entfernung der organischen Stoffe schwach erhitzt und der Boden dann im elektrischen Ofen bei 400° bis zur Gewichtskonstanz geglüht.

Für die „Bestimmung der an Kohlensäure gebundenen Erdalkalien mittels vorangehender Auflösung" schied die Methode der Anwendung von Ammoniumnitrat aus, da hier, wie Gedroiz (1926, S. 20) betont, „der größte Teil der Zeolith- und Humatbasen durch das Ammoniumion verdrängt wird und in Lösung übergeht". Es kam demnach nur die Anwendung schwach dissoziierter Säure in Frage, weil es in diesem Falle möglich ist, „die anzuwendende Säure möglichst wenig auf die Zeolithbasen des Bodens einwirken zu lassen" (Gedroiz 1926, S. 19), da ja auch das Wasserstoffion genau wie das Ammoniumion die Fähigkeit besitzt, die Basen des absorbierenden Bodenkomplexes zu verdrängen. Gedroiz (1926, S. 19) schlägt hierfür 1/6-n Essigsäure vor. Das Verhältnis Boden : Säure soll bei Ausführung der Bestimmung derart sein, „daß der Gehalt an CH_3COOH in der Flüssigkeit etwa dreimal so groß ist wie die Menge der Säure, die zur Bindung der Erdalkalien der Bodenkarbonate nötig ist". Bei den Schwankungen der Gesamt-Kohlensäure-Werte der untersuchten Proben von rund 0,3% bis 1,5% wurden deshalb jeweils folgende Mengen Essigsäure der vorgeschriebenen Konzentration auf 10 g lufttrockenen Boden angewandt:

Gesamt-Kohlensäure-Gehalt der untersuchten Probe in %	Angewandte Menge Essigsäure in ccm
1,5—1,2	100
1,1—0,9	80
0,8—0,7	60
0,6—0,3	50

Nachfolgend sollen die bei dem Vergleich der beiden Methoden erzielten Ergebnisse besprochen werden. Tabelle 26 gibt die Er-

gebnisse des essigsauren Bodenauszuges wieder. In der zweiten Spalte sind die an Kohlensäure gebundenen Mengen von CaO und MgO berechnet — wie sie sich nach den Kohlensäurebestimmungen bei vorheriger Zerstörung des im Boden vorhandenen Magnesiumkarbonats ergeben — die in der dritten Spalte als „Überschuß-Pro-

Tabelle 26.

Gehalt der Bodenproben Ca- und Mg-Karbonat
nach den Ergebnissen des essigsauren Bodenauszuges und der Methode vorheriger Zerstörung des Mg-Karbonats.
Zahlenangabe: Gewichts-%.

Nr. der Bodenproben	Essigs.-A.		vorher. Z. des $MgCO_3$ geb. an CO_2		Übersch. in % bei	
	CaO	MgO	CaO	MgO	CaO	MgO
200	1,21	0,27	0,71	0,24	71	8
201	1,84	0,45	0,56	0,23	228	96
202	1,74	0,41	0,37	0,18	371	128
221	1,28	0,25	0,37	0,18	246	39
240	1,08	0,26	0,49	0,16	220	56
300	1,22	0,38	0,63	0,47	94	—24
230	1,08	0,30	0,39	0,34	177	13
231	1,08	0,12	0,60	0,11	80	9
232	1,31	0,11	0,25	0,09	429	22
250	0,86	0,10	0,27	0,11	218	—10
100	1,99	0,61	1,08	0,64	84	— 5
200	1,69	0,43	0,44	0,44	284	— 2
Mittel					206	28

zente“ zu den Werten des essigsauren Bodenauszuges in Vergleich gesetzt werden. Es zeigt sich, daß hinsichtlich des Kalkes die Werte bei Anwendung des essigsauren Bodenauszuges durchweg zu hoch ausgefallen sind. Es werden 71%—429% mehr CaO gefunden, als tatsächlich an Kohlensäure gebunden sind. Im Mittel beträgt der Überschuß 206%. Beim Magnesium liegen die Werte des essigsauren Bodenauszuges teils unter, teils über den nach der anderen Methode gefundenen Ergebnissen. Die Abweichungen nach unten sind jedoch nur unbedeutend (2%—24%, im Mittel 10%). Bei Betrachtung der restlichen acht Fälle treten aber zu hohe Werte in der Größenordnung von 8% bis 128% auf. Unter Berücksichtigung aller Fälle liegen die Werte für Magnesium nach der Methode des essigsauren Bodenauszuges um 28% zu hoch. Die Unbrauchbarkeit des essigsauren Bodenauszuges zur getrennten Bestimmung der an Kohlensäure gebundenen Mengen von CaO und MgO in den zur Untersuchung vorliegenden Böden ist somit erwiesen.

Auch Mauzelius und Vesterberg (1895) kamen zu entsprechenden Ergebnissen. Sie extrahierten aber den Boden anstatt mit Essigsäure mit 0,9 bis 1 prozentiger Salzsäure, bestimmten in dem Auszug Kalzium und Magnesium und in einer zweiten Probe den Gesamt-Kohlensäure-Gehalt. Bei der Untersuchung von 16 schweren Lehmböden fanden sie den tatsächlichen Kohlensäure-Wert immer niedriger, als es dem aus der Analyse des salzsauren Auszuges berechnetem Kohlensäure-Gehalt entsprach. Gedroiz (1926, S. 20) selbst hebt die nur bedingte Brauchbarkeit der Methode der sauren Extraktion hervor. „Die Menge der nach dem (d. h. im essigsauren Auszug) gefundenen Kalzium berechneten Kohlensäure, addiert mit der nach dem gefundenen Magnesium berechneten Kohlensäure, wird immer größer sein, als die Gesamtmenge der direkt bestimmten CO_2. Die Größe dieser Differenz gibt die Anwendbarkeit der Methode für den untersuchten Boden und die Genauigkeit der erhaltenen Werte an". Eine Erklärung dieser Tatsache ist einmal darin zu sehen, daß die Essigsäure das in austauschfähigem Zustande vorhandene Kalzium und Magnesium mit angreift. So verwendet z. B. Williams (1929) n/2-Essigsäure zur Bestimmung der gesamten austauschfähigen Basen des Bodens. Es dürfte in diesem Zusammenhang belanglos sein, daß Gedroiz den Boden mit einer n/6-Essigsäure behandelt. Der zweite Grund für das Versagen der Methode des essigsauren Bodenauszuges dürfte in dem hohen Prozentgehalt der untersuchten Böden an feinsten Bodenbestandteilen und dem hohen Gehalt an organischen Stoffen (Kalzium- und Magnesiumhumate!) zu suchen sein. Die Methode des essigsauren Bodenauszuges wird demnach nur bei leichten, humusarmen und an austauschfähigen Basen armen Böden mit praktisch ausreichender Genauigkeit anwendbar sein.

Es wurde schließlich noch die Zuverlässigkeit der Methode der vorherigen Zerstörung des Magnesiumskarbonats durch Zusatz bestimmter Mengen von Kalzium- und Magnesiumkarbonat geprüft. Es zeigte sich bei diesen Versuchen die Brauchbarkeit der Methode.

Organischer Gesamt-Kohlenstoff-Gehalt.

Die noch vielerorts übliche Bezeichnung „Humusbestimmung" wurde durch den exakteren Ausdruck „Bestimmung des organischen Gesamt-Kohlenstoffs" ersetzt, da ja nicht allein der Kohlenstoff-Gehalt der wirklich humifizierten Substanz oder der echten Humusstoffe ermittelt wird, sondern auch die organischen Ausgangsstoffe im Boden und die Humusbegleitstoffe mit erfaßt werden. Nach Maiwald (1931, S. 144) ist „der exakte Weg zur Ermittlung des gesamten organischen Bodenanteils seine Oxydierung zu Kohlen-

dioxyd und Wasser durch Verbrennung des Bodens und Messung des entwickelten CO_2 unter Berücksichtigung des Karbonatgehalts im Boden." Bei der Frage nach der Anwendung der nassen oder trockenen Verbrennung des Bodens wurde die letztere Methode vorgezogen. Wenn in älteren Arbeiten die nasse Verbrennung nach Knop als unvollkommen und ungenau abgelehnt wird, lag dies in den seinerzeit dieser Methode noch anhaftenden Mängeln begründet (so z. B. Albert und Bogs 1914, S. 182/185). Nach den Untersuchungen von Springer (1928 b) ist heute diese Methode soweit verbessert, daß sie die Elementaranalyse an Genauigkeit erreicht. Auch Kotzmann (1928) kommt zur gleichen Feststellung. Springer (1928 a, S. 319) weist aber darauf hin, „daß bei der nassen Verbrennung von stickstoffhaltigen organischen Stoffen etwas zu hohe Resultate erhalten werden, da die bei der Oxydation entstehenden Stickoxyd-Verbindungen, deren Bildung im obigen Fall nicht verhindert werden kann, im Kaliapparat absorbiert werden". Andere, wie z. B. Rieser (1931, S. 236) und Ungerer (1933, S. 1215), sind auch jetzt noch der Ansicht, daß die Methode der Elementaranalyse die genauere ist. Ehrenberg und Mitarbeiter (1913, S. 416) haben nachgewiesen, daß bei Anwendung der nassen Verbrennung besonders bei tonigen Böden unzureichende Ergebnisse erhalten werden. Abgesehen davon, in welchem Maße diese Untersuchungen von Ehrenberg und Mitarbeitern heute noch beweiskräftig sind, zeigen sie doch die oft zu beobachtende Erscheinung, daß tonige Böden in analytischer Hinsicht oft eine Sonderstellung einnehmen, was sich ja auch für die Bestimmung anderer Komponenten dieser Böden bestätigen läßt. Da die zur Untersuchung vorliegenden Böden sich als stickstoffreich und stark tonhaltig erwiesen, wurde von beiden Methoden die trockene Oxydation der organischen Stoffe des Bodens vorgezogen.

Die Bestimmung selbst wurde nach Gustavson (1886, S. 65) vorgenommen. Die Verbrennungstemperatur wurde so gewählt, daß eine Zersetzung des Magnesiumkarbonats, nicht aber eine solche des Kalziumkarbonats stattfand. Die aus gesonderter Bestimmung ermittelte, an Magnesium gebundene Kohlensäuremenge wurde in Abzug gebracht.

Eine Methode für die direkte Angabe der im Boden vorhandenen organischen Substanz stammt von Hissink (1929, S. 20). Sie gilt speziell für schwere holländische Böden; hiernach wird der Glühverlust des Bodens bestimmt und unter der Annahme, daß „der Gehalt an Tonwasser 6,3% der Tonsubstanz beträgt", diese Menge vom Glühverlust subtrahiert. Die Differenz gibt dann den Gehalt des Bodens an organischer Substanz (Humus) an.

Die Gleichsetzung des Wertes für den Glühverlust mit dem Gehalt des Bodens an organischer Substanz gibt nur bei tonarmen und gleichzeitig humusreichen Böden praktisch hinreichend genaue

Werte, während bei tonreichen Böden dieses Verfahren versagt. Eine Zusammenstellung von Agafonoff (1923, S. 405) zeigt, daß die Differenzen recht erheblich sein können. Zu gleichen Ergebnissen gelangte Wiley (1906, S. 352).

Chemisch gebundenes Wasser.

Die Menge chemisch gebundenen Wassers im Boden ist aus dem Gesamt-Glühverlust abzüglich der vorhandenen Menge mineralischer Kohlensäure und der organischen Stoffe im Boden zu errechnen. Nach König und Mitarbeitern (1921, S. 465/66) führt das von Albert und Bogs (1914, S. 193/94) vorgeschlagene Verfahren von Hoffmann (1904) zur direkten Bestimmung des chemisch gebundenen Wassers durch Destillation des Bodens mit hochsiedenden Kohlenwasserstoffen, im speziellen Fall hier mit Xylol, nicht zum Ziel. Da auch die Anwendung irgend eines Umrechnungsfaktors zur Bestimmung des Gesamtgehaltes des Bodens an organischen Stoffen zur Ermittlung des chemisch gebundenen Wassers nur angenäherte Werte ergeben kann, wurde auf die Berechnung desselben verzichtet.

Gesamt-Stickstoff.

Die Bestimmung wurde nach der Methode von Kjeldahl ausgeführt. Gegenüber der von Gedroiz (1926, S. 31) gegebenen Darstellung wurde nur in wenigen Punkten abgewichen. So wurde beim Aufschluß mit Schwefelsäure außer Quecksilber als Sauerstoffüberträger noch Kaliumsulfat (ca. 15 g) zur schnelleren Oxydation der organischen Stoffe zugesetzt, wie es die Vorschrift von Gunning und Atterberg (1902, S. 19) verlangt.

2. Salzsaurer Bodenauszug.

Der salzsaure Auszug des Bodens wurde nach der von Gedroiz (1926, S. 102 ff.) angegebenen Vorschrift durchgeführt. Eine von Utescher (1933) erschienene Arbeit machte mich auf die Möglichkeit einer Auswertung der Ergebnisse im Sinne der Ganssenschen Theorie der Molekularverhältnisse aufmerksam, da das in der genannten Arbeit von Utescher angegebene Verfahren der Klassifikation der Böden nach ihrem Gehalt an salzsäurelöslicher Tonerde auf die von mir nach der Methode von Gedroiz untersuchten Böden anwendbar war. Die in diesem Zusammenhang auftretenden Fragen über die theoretischen Grundlagen des salzsauren Bodenauszuges, die Möglichkeiten seiner Auswertung, die Darstellung seiner Ergebnisse usw. sollen bei der Besprechung der Analysenergebnisse behandelt werden.

Die Oxydierung der organischen Stoffe wurde nicht wie es Gedroiz (1926, S. 103) vorschlägt, mit konzentrierter Salpetersäure vorgenommen, da, um durch Salzsäure die Salpetersäure wieder zu entfernen, das Filtrat mehrmals zur Trockene eingedampft werden muß. Die Zerstörung der organischen Stoffe ließ sich vielmehr einfacher durch Zusatz von etwas Wasserstoffsuperoxyd durchführen.

In bezug auf das Magnesium wurde eine neue Bestimmungsmethode benutzt, und zwar die von Berg (1927) veröffentlichte Methode der Abscheidung des Magnesiums als Magnesiumoxychinolat.

Die Fällung des Magnesiums wird dabei in schwach ammoniakalischer ammonchlorid- oder ammonazetathaltiger Lösung vorgenommen. Der Zusatz von Ammonsalz hat dabei nur den Zweck, eine Fällung von Magnesiumhydroxyd durch Ammoniak zu verhindern. In der Vorschrift von Berg heißt es dann weiter (S. 27): „Nach dem Erwärmen auf 60—70° wurde das Magnesium unter allmählichem Steigern der Temperatur bis zum beginnenden Sieden mit einer 2prozentigen alkoholischen Oxychinolinlösung in geringem Überschuß gefällt. Der Überschuß an Oxychinolin ist an der gelben Färbung der überstehenden Lösung, bewirkt durch die Bildung des intensiv gefärbten Ammoniumoxychinolates, leicht erkennbar.“ Die weitere Verarbeitung des Niederschlages nach dem Absetzenlassen geschieht durch Filtrieren durch einen Goochtiegel, Trocknung bei 100—105° oder 130—140° und nachfolgender Wägung. Der Magnesium-Gehalt des Niederschlages beträgt 6.98 % bzw. 7,78 % Mg. Durch Trocknen des Niederschlages bei 140° jedoch findet aber nach Berg bereits eine geringe Zersetzung des Magnesiumoxychinolats statt. Das Magnesium kann auch als Magnesiumoxyd bestimmt werden durch Veraschung des Niederschlages mit wasserfreier Oxalsäure. Die von Berg (S. 30) angegebene Vorschrift dafür lautet: „Der gefällte und auf aschefreiem Filter isolierte Magnesiumoxychinolin-Niederschlag wird mit 2—3 g wasserfreier und aschefreier Oxalsäure überschichtet und unter allmählichen Steigern der Temperatur vorsichtig geglüht.“

Weitere Untersuchungen über die Verwendung des Oxychinolins zur Bestimmung des Magnesiums sind von Hahn und Vieweg (1927) sowie von Nehring (1931) angestellt worden. Die ersteren untersuchten die Fällungsbedingungen genauer und stellten fest, daß die Anwendung von 0,4026 g $MgSO_4 . 7 H_2O$ gleich 1,65 Millimol für jede Bestimmung bereits bei Zugabe von 4 Millimol Ammoniak eine quantitative Fällung ergab. Auch bei großen Überschüssen von Ammoniak erhielten Hahn und Vieweg ein-

wandfreie Werte. Ebenso ist für die Genauigkeit der Bestimmung die Anwesenheit größerer Mengen von Ammoniumchlorid (bis zu 10 g auf die oben angegebene Magnesiumsulfatmenge) ohne Bedeutung. Auch die Trennung des Magnesiums von den Alkalien läßt sich einwandfrei durchführen und versagt nur bei Anwesenheit eines großen Überschusses an Alkalisalzen bezogen auf die vorhandene Menge Magnesium. Für Natriumchlorid entsteht ein Fehler der Bestimmung von + 0,31%, wenn es in einem Überschuß von 104,6 Mol vorliegt (Hahn und Vieweg 1927, S. 127), ein Fall, der praktisch bei Durchführung einer Bodenanalyse wohl kaum vorkommen dürfte.

Nehring (1931) vergleicht die erhaltenen Ergebnisse bei gravimetrischer und titrimetrischer Bestimmung des Magnesiums mittels Oxychinolin als Fällungsmittel mit den durch die Bestimmung des Magnesiums als Magnesiumpyrophosphat erhaltenen Werten. Auch er gewinnt ausgezeichnete Ergebnisse und gute Übereinstimmung der Methode mit der Bestimmung des Magnesiums als Magnesiumpyrophosphat. So findet er (S. 302) z. B. bei einem Gehalt der Ausgangslösung von 25 mg Mg nach der Pyrophosphat-Methode 25,18 mg Mg und nach der Oxychinolin-Methode 25,04 mg Mg. Als Vorteil der neuen Methode hebt Nehring noch die Durchführung in weit kürzerer Zeit als bei den sonst üblichen Methoden hervor.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollte die Anwendung dieser Methode im Analysengang erprobt werden. Schon oben wurde bemerkt, daß nach Hahn und Vieweg (1927, S. 128) die Trennung des Magnesiums von den Alkalien glatt gelingt. Auch Berg (1927, S. 24) schreibt hierüber: „Mit Hilfe des Oxychinolins als Fällungsreagenz läßt sich Abscheidung und Bestimmung des Magnesiums sowohl in seinen reinen Lösungen als auch in Gegenwart von Alkalien, Erdalkalien und einer ganzen Anzahl anderer Metalle ausführen. In den Filtraten können die übrigen Metalle entweder durch direkte Fällung oder nach dem Fortkochen des Oxychinolins nach den üblichen analytischen Methoden bestimmt werden." Da bisher noch keine Angaben darüber vorhanden sind, welche Magnesiummenge maximal mit Oxychinolin abgeschieden werden kann (Hahn und Vieweg arbeiteten mit einer Lösung, die einen Gehalt von 39,7 mg Mg aufwies, Nehring mit einer solchen von 25 mg Mg), wurde als oberste Grenze 75,8 mg Mg angesehen, da Berg bei seinen Untersuchungen eine Magnesiumlösung dieser Konzentration als oberste Grenze gewählt hatte. Die Menge Magnesiumoxychinolin-Niederschlag würde in diesem Falle 1,086 g ausmachen. Dies dürfte aus praktischen Erwägungen heraus eine die obere Grenze bildende Menge darstellen, die allgemein noch zur Wägung gelangt, da im anderen Fall die Reinigung der Niederschläge und das Trocknen derselben bis zum konstanten Gewicht zu lange Zeit

in Anspruch nimmt und in den meisten Fällen dann auch ungenaue Ergebnisse liefert.

Es sollen nun die Ergebnisse im Vergleich zu den bei der Bestimmung des Magnesiums als Magnesiumpyrophosphat gewonnenen Werten besprochen werden (Tabelle 27). Der gefundene Magnesiumgehalt ist dabei in % MgO und bei der Grundwasseranalyse in mg MgO ausgedrückt. Nach der Oxychinolin-Methode wurde der Magnesiumoxyd-Gehalt aus dem bei 105° sowie bei 140° getrockneten Niederschlag errechnet. Ferner wurde durch Veraschen des Komplexes mit Oxalsäure das Magnesiumoxyd direkt zur

Tabelle 27.

Vergleichende Magnesium-Bestimmung.

Nr.	Analyse	Boden-probe	best. als $Mg_2P_2O_7$	gefällt mit o-Oxychinolin				Angabe
				gestr. bei 105°	gestr. bei 140°	Diff. in %	ver-ascht	
1	Grundwasser	—	109,1	107,0	106,6	—0,37	108,2	mg MgO
				107,4	106,8	—0,56	107,9	
				107,9	107,5	—0,37	108,4	
2	Zeolith- u. Humatbasen	100	0,641	0,618	0,612	—0,26	0,629	% MgO
				0,634	0,626	—0,13	0,643	
3	Zeolith- u. Humatbasen	200	0,310	0,285	0,271	—0,49	0,296	% MgO
				0,293	0,280	—0,44	0,293	
4	HCl-Auszug	100	2,36	2,31	2,29	—0,09	2,31	% MgO

Wägung gebracht. Bei einem Vergleich der Ergebnisse untereinander kann zunächst die Feststellung von Berg bestätigt werden, daß durch Trocknen des Niederschlages bei 140° eine geringe Zersetzung des Komplexes eintritt. Die Differenz zu den Magnesiumoxyd-Werten der bei 105° getrockneten Niederschläge schwankt dabei von 0,09% bis 0,56%. Im Mittel liegen die Zahlen um 0,34% niedriger. Bei Veraschen des Niederschlages wurden gegenüber dem bei 105° getrockneten Niederschlag im allgemeinen höhere Werte erhalten, wenn auch die Differenz unbedeutend ist. Es wird aus diesen Gründen die Trocknung des Niederschlages bei 105° als sicherster Weg angesehen.

Die aus dem Magnesiumpyrophosphat berechneten Magnesiumoxyd-Gehalte liegen durchweg höher, was mit dem oben angeführten Beispiel von Nehring übereinstimmt. Die Annäherung an die theoretischen Werte ist hier wie auch bei den Untersuchungen von Berg sowie Hahn und Vieweg bei Benutzung der Werte des bei 105° getrockneten Magnesiumoxychinolin-Niederschlages am weitgehendsten. Bei den chemischen Untersuchungen der vorliegen-

den Böden wurde deshalb mit Ausnahme der ersten drei Fälle (Grundwasser, Zeolith- und Humatbasen der Proben 100 und 200) ausschließlich die Oxychinolin-Methode angewandt. Irgendwelche analytischen Schwierigkeiten wurden nicht beobachtet, jedoch erwies es sich als vorteilhaft, die magnesiumhaltige Flüssigkeit nach Reagenzzusatz und Erhitzen bis zum Siedepunkt kurze Zeit im Sieden zu erhalten, wie auch Nehring (1931, S. 302) angibt.

Die oben gesetzte Grenze von 75.8 mg Mg wurde bei den Analysen in keinem Fall überschritten. Die Berechnung des Gehalts an Magnesium der jeweils zu analysierenden Lösung ergab im Falle 2 und 3 bei einer maximalen Einwage von 20 g Boden 68,9 bzw. 37,4 mg Mg und im 4. Fall bei einer Einwage von 4 g Boden 56,9 mg Mg. Dabei ist schon diejenige Bodenprobe (100) ausgewählt worden, die den höchsten Gehalt an Magnesium aufwies.

Bei der Bauschanalyse wurde die Fällung des Magnesiums als Magnesiumammoniumphosphat vorgenommen, weil in der Analyse durch den Alkaliaufschluß des Bodens bedeutende Mengen an Natriumchlorid vorhanden sind und nach den Untersuchungen von Hahn und Vieweg das Ergebnis dadurch ungünstig beeinflußt werden kann.

Der große Vorteil bei Anwendung der Oxychinolin-Methode im Analysengang liegt nun einmal darin, daß der Niederschlag kurz nach der Fällung abfiltriert werden kann und zum anderen in der einfachen Durchführung der Trennung des Magnesiums von den Alkalien zur Bestimmung letzterer. Nach der bisher üblichen Methode wird das Magnesium durch Bariumhydroxyd oder Kalziumhydroxyd in ammonsalzfreier Lösung abgeschieden, das überschüssige Erdalkali wiederum durch Fällung mit Ammoniumkarbonat entfernt und die letzten Spuren, falls z. B. Kalk zur Anwendung gelangte, durch Ammoniumoxalat entfernt. Nach Eindampfen und Abrauchen der Ammonsalze können dann die Alkalien bestimmt werden. Da nun die Fällung des Magnesiums mit Oxychinolin in ammoniakalischer und ammonsalzhaltiger Lösung vorgenommen wird, ist ein Abrauchen der Ammonsalze wie bei der eben beschriebenen Methode vor Zugabe des Barium- oder Kalziumhydroxyds unnötig, ferner fällt hier natürlich auch die nachfolgende Abscheidung der Erdalkalien fort. Die Abscheidung des Magnesiums mittels Oxychinolin stellt also eine wesentliche Vereinfachung des Analysenganges verbunden mit einer großen Zeitersparnis dar (Wegfall des Eindampfens der Analyse nebst Abrauchens der Ammonsalze und ein bis zweier Filtrationen). Da weiter der Überschuß an Fällungsmittel infolge der guten Erkennung des Endpunktes der Fällung nur gering ist, ist auch eine Zerstörung des Oxychinolins nicht schwierig. Wie oben angeführt wurde, bemerkt Berg (1927, S. 24), daß nach erfolgter Fällung und dem Fortkochen des Oxychinolins die übrigen Metalle „nach den üblichen analytischen

Methoden bestimmt werden" können. Die Zerstörung des Oxychinolins läßt sich beim Eindampfen der Analyse unschwer durchführen, wenn zur Beschleunigung der Reaktion etwas Wasserstoffsuperoxyd zugesetzt wird. Nach erfolgtem Eindampfen und Abrauchen der Ammonsalze, wobei Reste evtl. unzersetzt gebliebenen Oxychinolins sich verflüchtigen, werden die Alkalien nach einer der üblichen Methoden bestimmt.

3. Bestimmung der adsorbierten metallischen Kationen.

Zur Bestimmung der Menge der adsorbtiv durch den „Zeolith"- und „Humatteil" des Bodens gebundenen Basen werden am häufigsten Ammoniumchlorid, Kaliumchlorid, Natriumchlorid und Bariumchlorid angewandt. Bei allen diesen Verfahren sind aber analytische Schwierigkeiten insofern vorhanden, als die Menge des angewandten Neutralsalzes im Verhältnis zu den verdrängten Basen recht groß ist. Der Überschuß an angewandtem Neutralsalz muß jedesmal vorher entfernt werden, besonders wenn die Alkalien bestimmt werden sollen. Wenn Burgess und Breazeale (1926) z. B. die Ammonchlorid-Methode als unvorteilhaft ablehnen und dafür die Anwendung von 0,1 n-Bariumchlorid-Lösung empfehlen, mögen sie vielleicht prinzipielle Gründe zu dieser Ablehnung geführt haben. Die analytischen Schwierigkeiten werden aber dabei keineswegs vermindert, sondern eher noch vermehrt. Da es bei den vorliegenden Untersuchungen weniger auf absolute Werte als vielmehr auf die Gewinnung untereinander vergleichbarer Zahlen ankam, wurde zur Bestimmung der adsorbierten Basen die Methode von Gedroiz (1923, S. 473/74) und (1926, S. 125/127) der Verdrängung dieser Basen durch das Wasserstoffion (0,05 n-HCl) gewählt. Nach dem gleichen Prinzip arbeitet auch die Methode von Williams (1929). Hier wird der Boden mit 0,5 n-Essigsäure behandelt. Infolge der neutralen Reaktion der untersuchten Böden ist die Anwendung einer Methode, die auch die Bestimmung der adsorbierten Wasserstoffionen gestattet, unnötig. Die Methode von Gedroiz bietet analysentechnisch nicht die geringsten Schwierigkeiten. Im Boden vorhandene Karbonate, falls sie mehr als 1% ausmachen, müssen aber vorher durch Zusatz einer entsprechenden Menge verdünnter Salzsäure zum größten Teil zersetzt werden, da die Salzsäure erst nach Entfernung der Karbonate die adsorbierten Basen verdrängt. Einwände gegen diese Methode sind sicherlich berechtigt; denn es wird zum geringen Teil auch der Verwitterungskomplex A des Bodens angegriffen, was aus den geringen Mengen von Eisen, Aluminium und Phosphorsäure hervorgeht, die in dem Auszug enthalten sind und vor der Bestimmung des Kalkes abgeschieden werden

müssen. Aber wie schon oben erwähnt, wurde einer exakteren Methode die einfachere analytische Durchführung vorgezogen. Die Bestimmung der verdrängten Basen erfolgte nach den bereits beschriebenen Methoden.

4. Die Größe der Einwage.

Über die Größe der Einwage zur Bauschalanalyse, zur Herstellung des salzsauren Bodenauszuges und zur Bestimmung der adsorbierten Basen lassen sich keine allgemein gültigen Angaben machen. Die Bodenmengen, wie sie z. B. Gedroiz vorschlägt, haben sich für die untersuchten Böden sämtlich als zu hoch erwiesen. Durch Vorproben muß jeweils festgestellt werden, welche Einwage die vorteilhafteste ist. Im speziellen Fall wurden bei den hier untersuchten Böden an lufttrockenem Boden angewandt für die Bauschanalyse 1 g, den salzsauren Bodenauszug 5 g und für die Bestimmung der adsorbierten Basen 25 g.

Die Ergebnisse der chemischen Analyse.

1. Bauschanalyse.

Bei einem Vergleich der Verhältnisse im oberen und unteren Teil der Bodenkrume (Pr. 200—221; 300—230; 100—210) nach Tab. 28 zeigt sich in allen Fällen das gleiche Ergebnis. Der Mineralteil des Bodens nimmt ab, der Glühverlust zu. Im einzelnen lassen

Tabelle 28.

Bauschanalysen.

Darstellung als Metalloxyde bzw. Säureanhydride.

Nr. der Probe:	200	300	100	221	230	210
SiO_2	56,58	57,07	55,21	53,31	55,38	
Al_2O_3	14,98	14,51	15,36	12,57	14,51	
Fe_2O_3	6,12	6,87	7,08	5,45	5,79	
CaO	1,88	2,02	2,70	2,73	1,93	
MgO	1,65	2,40	2,46	1,39	1,36	
K_2O	3,32	3,30	3,91	3,60	3,40	
Na_2O	1,90	1,42	1,52	1,38	1,40	
P_2O_5	0,25	0,30	0,36	0,30	0,30	0,27
CO_2	0,83	1,02	1,57	0,49	0,68	0,83
Glühverl.	12,65	11,19	10,08	18,62	15,24	18,19
	100,16	100,10	100,25	99,84	99,99	

sich nun eine ganze Reihe von Unterschieden zwischen dem Boden des Urtica-Standortes und dem des Ranunculus-Standortes herausstellen, wie z. B. die relativ starke Zunahme des Tonerde-

Gehaltes bei ersterem (Pr. 221 -220), während im anderen Fall die Werte unverändert gleich sind. Aber auch Gemeinsamkeiten lassen sich feststellen, wie der höhere Kali-Gehalt in den oberen Bodenschichten zeigt. Jedoch lassen sich aus diesen Ergebnissen nur wenig Gesetzmäßigkeiten erkennen. Als sicheres Ergebnis steht allein fest, daß der Glühverlust mit zunehmender Tiefe abnimmt und Kohlensäure-, Eisen- und Magnesium-Gehalt mit der Tiefe zunehmen.

Tabelle 29.

Alluviallehm (Luppe-Aue).
nach Höft (1889).

	1a	1b	2a	2b
Glühverlust	7,67	5,79		
SiO_2	68,20	67,42	6,88	6,93
Al_2O_3	14,10	14,71	5,08	4,18
Fe_2O_3	6,31	7,20	6,46	5,85
CaO	1,52	1,69	1,14	0,87
MgO	0,83	1,23	—	0,28
K_2O	0,65	0,77	0,44	0,33
Na_2O	1,40	1,34	1,11	1,01
	100,68	100,15	21,11	19,35
CO_2	0,256	0,044		
Humus	3,78	1,17		
P_2O_5	0,097	0,076		
N	0,164	0,026		
NH_3	0,0125	0,0187		
N_2O_5	0,1127	0,01491		

1: Bauschanalyse. a) Ackerkrume (0—30 cm)
b) Untergrund (60 cm)

2: Salzsaurer Auszug (2 g Feinerde 24 Std. mit 100 ccm konz. HCl unter allmählichem Zusatz der Säure auf dem Wasserbade behandelt.)
a) Ackerkrume.
b) Untergrund.

Die angeführten Analysen stimmen, was zunächst den Unterschied zwischen oberer und unterer Bodenschicht anbetrifft, recht gut mit der Analyse eines Auebodens aus dem Luppegebiet überein, die von Höft (1889, S. 5) mitgeteilt worden ist (Tab. 29). Ackerkrume und Untergrund zeigen hier absolut genommen ähnlich geringe Differenzen. Die Analyse von Höft bestätigt also, daß in Aueböden Krume und Untergrund sehr gleichartig zusammengesetzt sind. In Übereinstimmung damit steht der Befund, daß die Glühverlust-Bestimmung einer Bodenprobe vom Urtica-Standort aus 60 cm Tiefe einen Gewichtsverlust von 10,84% ergab. Es ist dies gegenüber einem Glühverlust von 12,65% in 25 cm Tiefe keine beträchtliche Verminderung.

Deutlichere und gesetzmäßigere Unterschiede, als zwischen oberem und unterem Teil der Krume bestehen, zeigen sich nun bei einem Vergleich der Böden der drei untersuchten Standorte miteinander. Sie unterscheiden sich rein äußerlich zunächst in ihrer Farbe und ihrem physikalischen Verhalten, weiterhin auch in ihrer Lage zum Grundwasserspiegel, indem der Boden vom Urtica-Standort am weitesten von ihm entfernt ist und der Boden des Mentha-Standortes demselben am nächsten liegt. Zuerst sollen die Proben 200, 300 und 100 betrachtet werden. Hier zeigt sich mit fallender Entfernung zum Grundwasserspiegel eine Zunahme des Eisens, des Kalkes, der Magnesia, sowie der Phosphorsäure und Kohlensäure. Der Kaligehalt ist bei den Proben 200 und 300 praktisch gleich, steigt aber dann bei dem Boden des Mentha-Standortes. Umgekehrte Verhältnisse zeigen sich beim Natron. In bezug auf den Tonerde-Gehalt lassen sich Beziehungen nicht erkennen. Anders steht es dagegen mit der Kieselsäure. Es zeigt sich bei Probe 100 eine Abnahme des Kieselsäure-Gehaltes gegenüber den beiden anderen Proben 200 und 300. In den entsprechenden Proben 221, 230 und 210 sind ähnliche Beziehungen nicht nachweisbar. Es liegt nahe, den Einfluß des hohen Humus-Gehaltes dieser Proben für die Verwischung der in den tieferen Schichten so deutlich auftretenden Unterschiede verantwortlich zu machen.

Tabelle 30.

Bauschanalysen.

Ca und Mg unter Berücksichtigung der Karbonate.

	Nr. der Probe:	200	300	100	221	230
CaO	Gesamtgehalt	1,88	2,02	2,70	2,73	1,93
MgO	„	1,65	2,40	2,46	1,39	1,36
CaO	geb. an CO_2	0,71	0,63	1,08	0,37	0,39
MgO	„	0,24	0,47	0,64	0,18	0,34
CaO	Rest	1,17	1,39	1,62	2,36	1,54
MgO	„	1,41	1,93	1,82	1,21	1,02

Tab. 30 soll nun zeigen, ob die zwischen dem Kalk und der Magnesia der drei Böden feststellbaren Beziehungen nur auf den Gehalt an verschiedenen Mengen Kalzium- und Magnesiumkarbonat zurückzuführen, oder ob auch in bezug auf anderweitig gebundenes Kalzium und Magnesium diese Beziehungen erkennbar sind.

Für die Proben 200, 300 und 100 liegen die Verhältnisse klar. Es zeigt sich in allen Fällen, gleichgültig ob man die Verhältnisse für den Kalk oder die Magnesia betrachtet, eine Zunahme sowohl der als Karbonat als auch der anderweitig gebundenen Erdalkalien vom Urtica-Boden über den Ranunculus-Boden zum Mentha-Boden. Die bisher erkannten Beziehungen bleiben also auch bestehen, wenn von den Erdalkalikarbonaten abgesehen wird.

In der 1932 von Lemmermann herausgegebenen Zusammenstellung von „Methoden für die Untersuchung des Bodens" (S. 50) wird die ältere Darstellungsweise der Analysen-Ergebnisse, bei der man den Gehalt des Bodens an Mineralstoffen in Form der Metalloxyde bzw. Säureanhydride angibt, bemängelt, weil hier der „Gehalt des Bodens, der Pflanzen, der Düngemittel an Pflanzennährstoffen bzw. Mineralstoffen in ungleichartiger und z. T. unzweckmäßiger Art" ausgedrückt wird. Es wird angeführt, daß bei der Art der oxydischen Darstellung Stickstoff und Chlor im Gegensatz zu den übrigen Komponenten immer in elementarer Form ausgedrückt werden. Es heißt dann weiter: „In der neueren Schreibweise gibt man in den Untersuchungsergebnissen zumeist die Gewichtsmengen der Elemente oder die Menge der gefundenen Kationen bzw. Anionen in Äquivalenten an. Es wird empfohlen, die in den Pflanzen, im Boden usw. enthaltenen Nährstoffe bzw. Mineralstoffe auch in Milli-Äquivalenten anzugeben." Um diesen Gesichtspunkten Rechnung zu tragen, sind die Analysen-Ergebnisse neben der älteren auch in der neuen Darstellungsweise angeführt worden.

Hierbei lassen sich über die Verteilung der Kieselsäure neue Aussagen machen. Dies gilt sowohl für den Vergleich der Proben 200, 300 und 100 untereinander als auch für den Vergleich zwischen oberer und unterer Schicht der Bodenkrume.

Von Sigmond (1902, S. 198) hat, allerdings speziell für die Auswertung der Analysenergebnisse des salzsauren Bodenauszuges, vorgeschlagen, die Kieselsäure als Orthosilikat-Kieselsäure darzustellen. Es ist deshalb auch hier, um die Einheitlichkeit der Darstellung zu wahren, die Kieselsäure in dieser Form angegeben.

Bei der Berechnung kann die Kieselsäure in ihrer Gesamtheit auf SiO_4 umgerechnet werden. Ist mehr Kieselsäure vorhanden als der Summe der Kationen unter Berücksichtigung von Phosphorsäure und Kohlensäure äquivalent ist, müssen äquivalente Mengen Sauerstoff in Abzug gebracht werden. Die Darstellung wird aber m. E. übersichtlicher, wenn diese Sauerstoffmenge auf SiO_2 umgerechnet, von der Gesamt-Kieselsäure in Abzug gebracht und der Rest als SiO_4^{IV} angegeben wird.

Bei einem Vergleich des oberen und unteren Teiles der Krume zeigt sich eine Abnahme von SiO_4^{IV} und Zunahme von SiO_2 bei den Proben 221 und 230 gegenüber den Proben 200 und 300. Bei den Werten für SiO_2 macht sich jedoch der störende Einfluß des bei den einzelnen Proben recht unterschiedlichen Glühverlustes bemerkbar. Klare Auskunft gibt meiner Meinung nach hier nur die Tab. 31 b, die aus der Tab. 31 a berechnet ist. Es soll dies die folgende Überlegung darlegen.

Jede Analysendarstellung, die als Endsumme 100 aufweist, gibt nur relative Werte an. Gebe ich die Zusammensetzung des Bodens so an, wie ich ihn dem Standort entnehme, muß ich die Dar-

stellungsweise als Metalloxyde bzw. Säureanhydride oder als Kationen bzw. Anionen benutzen. Wenn jetzt der Boden geglüht wird, entsteht ein „reiner Mineralboden". Dabei soll angenommen sein, daß Karbonate durch das Glühen nicht zersetzt worden sind. Diese „Mineralböden" sind nun wieder direkt untereinander vergleichbar. Ein Fehler wird nur insofern gemacht, als die Asche der organischen Substanzen dem Mineralteil des Bodens zugezählt und der vorhandene Ton (im chemischen Sinn) als wasserfrei angesehen wird. Sollen nun diese geglühten Böden miteinander verglichen werden, müssen die Mineralstoffe des Bodens gleich 100% gesetzt werden. Erst dann zeigt sich deutlich, wie sich die Mineral-Komponenten der Böden zueinander verhalten, da ja mit höherem Glühverlust eines Bodens ihre relative Menge abnimmt und so einen direkten Vergleich ausschließt.

Tabelle 31.

Bauschanalysen.

a) Glühverlust des Bodens berücksichtigt.
b) Mineralstoffe des Bodens gleich 100% gesetzt.

Nr. der Probe:		200	300	100	221	230
a	SiO_4^{IV}	30,88	31,29	32,98	27,54	29,49
	SiO_2	36,43	36,66	33,70	35,35	36,13
b	SiO_4^{IV}	35,35	35,21	36,58	34,04	34,95
	SiO_2	41,58	41,21	37,37	43,44	42,51

Bei einem Vergleich der Mineralteile der Probe 200 mit 221 und der Probe 300 mit 230 sieht man, daß die als Orthosilikat gebunden angenommene Kieselsäure in den oberen Bodenschichten abnimmt, die ungebundene Kieselsäuremenge dagegen zunimmt. Aus den eben besprochenen Zahlen ist jedoch nicht zu schließen, daß nun tatsächlich die als SiO_2 angegebene Kieselsäuremenge als freie kristallisierte Kieselsäure (Quarz) und kolloide Kieselsäure (Kieselsäuregel) im Boden vorhanden ist. Die Darstellung der gebundenen Kieselsäure als SiO_4^{IV} ist ja nur eine Annahme, da die Kieselsäure außer in dieser Form auch teilweise als SiO_3^{II} und $Si_3O_8^{IV}$ vorliegt. Daß aber anzunehmen ist, daß Kieselsäure im Überschuß vorliegt, geht daraus hervor, daß selbst bei Aufrechnung der Analysenergebnisse unter ungünstigen Bedingungen ein Kieselsäureüberschuß verbleibt. Nimmt man die gesamte Menge an Alkalien und Kalk abzüglich des kohlensauren Kalkes als im Feldspatmolekül gebunden an und bringt die hierfür äquivalente Menge von Si_3O_8 in Abzug, rechnet die verbleibenden Äquivalente an Basen gleichfalls „ungünstig" auf SiO_3 um, so bleibt doch noch ein ganz geringer Überschuß von SiO_2 bestehen. Mit großer Wahrscheinlichkeit kann

aber ausgesagt werden, daß diese Verhältnisse im Boden nur z. T. realisiert sein werden, der Schluß der Anwesenheit freier Kieselsäure im Boden — gleichgültig zunächst, ob als kolloidale oder kristallisierte Kieselsäure — somit tatsächlich zutrifft.

Auch der Vergleich der Proben 200, 300 und 100 ergibt klare Beziehungen. In Tab. 31a können die SiO_2-Werte der Proben 200 und 300 als praktisch gleich angesehen werden, die Probe 100 zeigt dagegen einen deutlichen Abfall, d. h. die Menge SiO_4^{IV} steigt nach dem Grundwasserspiegel zu an, der SiO_2-Gehalt nimmt ab. Bei Gegenüberstellung nur der Mineralteile der Proben (Tab. 31b) läßt sich erkennen, daß die gleichen Verhältnisse wiederum zu beobachten sind, wenn man von der geringfügigen Differenz zwischen den Proben 200 und 300 bei den Werten für SiO_4^{IV} absieht. In diesem Zusammenhang ist die Tab. 32 von Wichtigkeit. Wenn die gebundene Kieselsäure nach dem Mentha-Standort hin zunimmt, die freie Kieselsäure in dieser Richtung abnimmt, so zeigt sich jetzt, daß die absolute Menge Kieselsäure, bezogen auf den Mineralteil des Bodens, als Summe von „gebundener" und „freier" Kieselsäure abnimmt, was aus den entsprechenden Zahlen der Tab. 31 b nicht ohne weiteres zu ersehen ist.

Tabelle 32.

Bauschanalysen.

Mineralstoffe des Bodens gleich 100% gesetzt.

Nr. der Probe:	200	300	100	221	230
SiO_2	64,65	64,18	61,23	65,64	65,33

Führt man in entsprechender Weise die Ergebnisse der Bauschanalysen in Milli-Äquivalenten an, so ergeben sich keine wesentlich neuen Gesichtspunkte für die eben behandelten Fragen und Vergleiche. Neue Einblicke eröffnen sich nur bei der Betrachtung der Summe der Äquivalente. Die Tab. 33a und 33b stimmen darin überein, daß die Summe der positiven und negativen Äquivalente in bezug auf die tieferen Bodenschichten bei Probe 100 am größten und bei Probe 200 am kleinsten ist. Werden in diese Summe noch die Äquivalente für SiO_2 mit einbezogen, so zeigt sich bei Tab. 33b im Gegensatz zur Tab. 33a ein Fallen der Summe nach dem Mentha-Standort hin. Bezüglich der Beziehungen oberer-unterer Teil der Krume sind die Ergebnisse eindeutig. Sie ergeben bei Betrachtung der Summe der Kationen bzw. Anionen und dieser Summe unter Einschluß der Kieselsäure eine geringere Äquivalent-Summe für den oberen Teil der Krume des entsprechenden Untergrundes.

Aus der Darstellung der Analysenergebnisse in molarer Form sind neue Gesichtspunkte für die Beurteilung der untersuchten Proben nicht zu gewinnen.

Im folgenden sollen nun die Ergebnisse der Bauschanalysen mit Analysen aus der Literatur verglichen werden. Die Verhältnisse beim Stickstoff sollen dabei, soweit möglich, gesondert besprochen werden.

Tabelle 33.

Bauschanalysen.

Darstellung als Milligrammäquivalente
a) Glühverlust des Bodens berücksichtigt.
b) Mineralstoffe des Bodens gleich 100% gesetzt.

	Nr. der Probe:	200	300	100	221	230
a	Sa. Kationen bezw. Anionen	1392,6	1419,2	1519,8	1231,8	1325,5
	Sa. Kat. An. und SiO_2	5208,9	5279,7	5283,4	4817,3	5057,2
b	Sa. Kationen bezw. Anionen.	1593,0	1597,2	1685,8	1516,1	1564,8
	Sa. Kat. An. und SiO_2	5954,4	5939,3	5861,9	5929,9	5967,0

Von besonderem Interesse ist der Vergleich mit der Bauschanalyse der Feinerde eines Bodens aus der Luppe-Aue (Höft, 1889, S. 5) (Tab. 29). Waren in unserem Fall zwischen oberem und unterem Teil der Krume nur geringe Unterschiede vorhanden, so zeigt sich hier die Bestätigung dieser Tatsache. Die Ackerkrume des Luppe-Bodens bis 30 cm Tiefe und der Untergrund ab 60 cm sind in ihrer Zusammensetzung außerordentlich ähnlich. Höft urteilt darüber wie folgt: „Bis zu dieser Tiefe (60 cm) war kein Wechsel in der Bodenart eingetreten. Einer gütigen Mitteilung von Herrn Geheimrat Prof. Dr. Blomeyer zufolge, findet sich die untersuchte Bodenart auf allen Teilen des Versuchsfeldes in einer Mächtigkeit von 5 bis 6 Fuß und ist von Schotter unterlagert.“ Auch für die Rabeninsel trifft diese Bemerkung durchaus zu. Der Boden ist in seiner ganzen Tiefe von sehr gleichmäßiger Beschaffenheit. Seine Mächtigkeit beträgt über der darunterliegenden Schotterschicht aber meist mehr als 2 m. Daß die Zusammensetzung des von Höft analysierten Bodens einen höheren Gehalt an Kieselsäure aufweist, einen geringeren, mit Ausnahme von Eisen und Aluminium, bei den übrigen Komponenten, mag vielleicht daran liegen, daß der Boden sicherlich schon lange Zeit landwirtschaftlich genutzt wird und deshalb eine Verarmung an Pflanzennährstoffen eingetreten ist. Aber trotzdem ist die Ähnlichkeit der chemischen Zusammensetzung dieses Bodens mit der der Proben 200, 300 und 100 unverkennbar.

Beachtliche Ähnlichkeiten mit den hier untersuchten Böden ergeben sich auch bei einem Vergleich mit Bauschanalysen von Böden des Nildeltas und mit Analysen von Nilschlamm. Die von Koenig (1929, S. 422/423) mitgeteilten Mittelwerte der Bauschanalysen ägyptischer Böden sind in Tab. 34 zusammengestellt. Es handelt sich bei den analysierten ägyptischen Böden in der Hauptsache um mittelschwere sandige Lehmböden. Sehr gute Übereinstimmung ist vorhanden bei Kalk, Magnesia, Phosphorsäure und Kohlensäure, ebenso bei der organischen Substanz, unter der der

Tabelle 34.

Nildelta-Böden.
nach Koenig (1929).

$Fe_2O_3 + Al_2O_3$	20%	(häufig: 2/3 Fe auf 1/3 Al)
Mn_2O_3	bis 0,25	
CaO	3	(selten unter 2%)
MgO	2	(nicht selten 3%)
K_2O	0,5	(maximal 1%)
P_2O_5	0,2	(0,15—0,25%) (maximal 0,4%)
CO_2	0,9	(bis 3%, meist jedoch weniger)
N	0,1	
Cl	bis 0,1	
Org. Substanz	7,5	(meist weniger, selt. ü. 10%)

Die angegebenen Zahlen stellen Mittelwerte von mittelschweren sandigen Lehmböden dar.
Bei Tonböden beträgt der Tonerde-Gehalt 10—25% , der Eisenoxyd-Gehalt ist ungefähr ebenso hoch. Kalk-Gehalt 4—23% . Der Magnesia-Gehalt ist gegenüber dem der Lehmböden wenig verändert.

genannte Autor aber wohl den Glühverlust der untersuchten Nildelta-Böden versteht. Die Werte für Kali und Stickstoff fallen im Vergleich zu den hier untersuchten Böden zu niedrig aus. Eine Eigenart der Nildelta-Böden als auch des Nilschlammes scheint der hohe Eisen-Gehalt zu sein. Das Verhältnis Eisenoxyd : Tonerde beträgt hier oft 1 : 1 bis 2 : 1. Die Summe aber von Eisen und Tonerde entspricht mit 20% im Mittel ungefähr der der hier analysierten Aue-Böden. Auch die Bemerkungen von Koenig über die chemischen Verhältnisse in Ackerkrume (bis 23 cm Tiefe) und Untergrund treffen ziemlich genau für die untersuchten Bodenproben der Rabeninsel zu. So wird angeführt (Koenig, 1929, S. 424), daß der Untergrund nährstoffärmer als die Krume ist. Dieser Unterschied ist jedoch bis 50 cm Bodentiefe unerheblich. In allen Fällen liegen die Werte für Tonerde und Magnesium im Untergrund höher. Dieses Ergebnis läßt sich mit den Werten der Tab. 28 gut in Einklang bringen. Die Werte für Eisen sollen nach Koenig praktisch gleichbleibend sein. In meinem Fall zeigen sie aber eine geringe Zunahme nach der Tiefe hin. Die Gehalte der Nildelta-Böden an Stickstoff, Kali und Phosphorsäure sind im Untergrund

immer geringer als in der Krume, was auch für die von mir untersuchten Böden durchaus zutrifft. Auch die zur Gruppe der schweren Tonböden gehörenden Nildelta-Böden zeigen nach Koenig gegenüber den eben erwähnten mittelschweren sandigen Lehmböden nur geringe Unterschiede, die hauptsächlich in einem naturgemäß höheren Tonerde-Gehalt und einem in der Regel höheren Kalk-Gehalt bestehen.

Daß auch ein Vergleich der untersuchten Böden der Rabeninsel mit Nilschlamm möglich ist, ist leicht einzusehen, wenn man bedenkt, daß ja die eben besprochenen Nildelta-Böden letzten Endes aus den Ablagerungen des Nils entstanden sind. Die chemische Zusammensetzung des Nilschlammes ist nun verschieden, je nachdem die Schlammproben bei Hochwasser oder Niedrigwasser genommen werden. Koenig (1929, S. 426) macht Angaben über die

Tabelle 35.

Nilschlamm.
nach Koenig (1929).
(Mittelwerte)

$Fe_2O_3+Al_2O_3$	25,56%	
Mn_2O_3	0,25	
CaO	3,07	(3—4%)
MgO	2,68	(2—3%)
K_2O	0,53	(0,5—0,7%)
Na_2O	0,57	
P_2O_5	0,25	(0,2—0,25%)
CO_2	0,73	
N	0,145	(0,05—0,15%)
Org. Subst. einschl. chemisch geb. Wasser	8,82	(8—10%)

Probenahme zur Zeit des Hochstandes während der Monate Mitte Juli bis September.

mittlere Zusammensetzung von Nilschlammproben, die in der Zeit von Mitte Juli bis Ende September — also zur Zeit des Hochwassers — genommen worden sind (Tab. 35). Phosphorsäure, Kohlensäure und Magnesium zeigen gute Übereinstimmung mit den Böden der Rabeninsel, in nur wenig geringerem Maße auch Kalk, sowie Eisen und Tonerde. Die Werte für Stickstoff, Kali und Natron liegen dagegen zu niedrig. Annähernde Übereinstimmung ist wieder bei dem Glühverlust vorhanden, unter dem Koenig die organische Substanz einschließlich des chemisch gebundenen Wassers versteht.

Weitere Nilschlammanalysen sind von Knop (1874, S. 68) und Krische (1929, S. 440) mitgeteilt, und zwar zwei ältere aus den Jahren 1874 (Analytiker: Letheby und Wanklyn) und 1897 und eine neuere aus dem Jahre 1926 (Analytiker: Aladjem). Ein Vergleich mit diesen Analysen fällt in ähnlicher Weise günstig

aus. Auf eine ausführliche Darstellung kann deshalb an dieser Stelle verzichtet werden.

Auch der hohe Gehalt der untersuchten Böden an feinen und feinsten Bodenbestandteilen kommt in den Werten der Bauschanalyse deutlich zum Ausdruck. So seien zunächst die Untersuchungen von Hall und Russel (1902 und 1911) erwähnt. Beide bestimmten die mittlere Zusammensetzung der durch die mechanische Bodenanalyse erhaltenen Fraktionen. Es zeigt sich bei einem Vergleich mit den in Tab. 36 auszugsweise wiedergegebenen Ergebnissen mit der Tab. 28, daß erst bei der Fraktion 0,01—0,002 mm

Tabelle 36.

Mittlere Zusammensetzung der durch die mechanische Bodenanalyse erhaltenen Fraktionen.

nach Hall und Russel (1902 und 1911).

	Auszug				
	Feinsand	Staubsand	Staub		Ton
			a	b	
	0,2—0,04	0,04—0,01	0,01—0,005	0,005—0.002	0,002mm
SiO_2	94,0	89,4	84,1	64,3	53,2
Al_2O_3	2,0	5,1	7,2	19,3	21,2
Fe_2O_3	1,2	1,5	2,6	7,6	13,2
CaO	0,4	0,8	1,1	2,2	1,6
MgO	0,04	0,3	0,2	0,4	1,0
K_2O	1,5	2,3	3,2	5,3	4,9
P_2O_5	0,02	0,03	0,1	0,4	0,4

(Die Tonfraktion stammt von fruchtbaren Böden).

eine Ähnlichkeit in den Analysenergebnissen erkennbar wird. Die gröberen Fraktionen fallen vollständig aus, da sie einen viel zu hohen Kieselsäure-Gehalt bei zu geringem Gehalt an Basen besitzen. Die relativ beste Übereinstimmung zeigt die Fraktion 0,005 bis 0,002 mm, während bei der Fraktion $<$ 0,002 mm bereits wieder stärkere Abweichungen auftreten. Von den Übereinstimmungen sei hervorgehoben in der Fraktion 0,01—0,005 mm diejenige mit Kali, in der Fraktion 0,005—0,002 mm diejenige mit Tonerde, Eisen, Kalk und Phosphorsäure und in der Fraktion $<$ 0,002 mm schließlich diejenige mit Kieselsäure und vielleicht auch Magnesia.

In ähnlicher Weise fällt ein Vergleich mit den Untersuchungen von Giesecke (1928) günstig aus. Er gibt die chemische Zusammensetzung der Fraktionen von 6 Böden an, die nach dem Verfahren von Atterberg mechanisch zerlegt worden sind. Hier stimmen die Analysen der von mir untersuchten Böden am besten mit der chemischen Zusammensetzung der Fraktionen 0,02 bis 0,006 mm und 0,006—0,002 mm überein, was durchaus den Feststellungen von Hall und Russel entspricht.

Weitere interessante Parallelen ergeben sich auch bei einem Vergleich mit den Untersuchungen von Blanck aus den Jahren 1912, 1918 und 1921. Hier hat Blanck den Versuch unternommen, die Zuverlässigkeit der Schlämmanalyse nach den Methoden von Schloesing-Grandeau einerseits und Atterberg andererseits auf chemischem Wege durch Analyse der Tonfraktion und Bestimmung des Molekularverhältnisses Tonerde: Kieselsäure zu überprüfen. In der 1912 erschienenen Veröffentlichung hat Blanck 6 aus Schlesien stammende Böden nach der Methode Schloesing-Grandeau analysiert und dabei Ton-Gehalte von 4,32—19,40% gefunden. Diese Tonfraktionen hat Blanck nun auf ihren Gehalt an Kieselsäure, sowie Tonerde und Eisen untersucht. Stellten nun diese Tonfraktionen reinen Ton dar, wie Grandeau angibt (vgl. Grandeau 1884, S. 104: „Sie — d. h. die Methode der Schlämmanalyse von Grandeau — hat allen anderen sog. mechanischen Analysen gegenüber den großen Vorteil, den genauen Gehalt einer Erde an Ton und Sand kennen zu lernen; sie vermeidet eine Verwechslung des sehr feinen Sandes und des Tones, deren physikalische Eigenschaften sich so ähneln, die aber in chemischer Beziehung so wesentlich verschieden sind."), so hätte das Analysenergebnis der Kaolinformel von Forchhammer entsprechen müssen. Nach dieser Formel ($Al_2O_3 \cdot 2\,SiO_2 \cdot 2\,H_2O$) kommen auf 1 Gewichtsteil Al_2O_3 1,2 Gewichtsteile SiO_2. Blanck (1912, S. 80) fand nun aber Verhältnisse, die zwischen 1 : 1,7 und 1 : 2,5 schwankten. Das Ergebnis besagt also, daß in die Tonfraktion nach Schloesing-Grandeau noch feine Sande hineingeraten sein müssen; denn der Kieselsäure-Gehalt steigt bis auf den doppelten Wert, als der Kaolinformel von Forchhammer entspricht. Die Analysen des nach der Methode Atterberg gewonnenen Tones dagegen ergaben Werte, die zwischen 1 : 1,1 und 1 : 1,6 schwankten (Blanck 1918).

Tabelle 37.

Bauschanalysen.

Verhältnis von Aluminium und Eisen zu Kieselsäure. Darstellung in Gewichtsprozenten; Mineralteil des Bodens gleich 100% gesetzt.

Nr. der Probe:	200	300	100	221	230
Al_2O_3	17,11	16,31	17,03	15,48	17,12
Fe_2O_3	7,00	7,73	7,84	6,71	6,84
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	24,11	24,04	24,87	22,19	23,96
SiO_2	64,65	64,18	61,23	65,64	65,33
$Al_2O_3 : SiO_2$	1 : 3,78	3,94	3,60	4,24	3,81
$Fe_2O_3 : SiO_2$	1 : 9,25	8,31	7,82	9,78	9,55
$Al_2O_3 + Fe_2O_3 : SiO_2$	1 : 2,68	2,67	2,46	2,95	2,72

In Tab. 37 sind nun diese Verhältniszahlen für die von mir untersuchten Böden berechnet worden. Sie zeigen Werte, die den Analysen-

ergebnissen aus der Tonfraktion nach Schloesing-Grandeau nahe kommen. Die Zahlen besagen nun zunächst, daß die untersuchten Böden umso weniger der Zusammensetzung reinen Tones entsprechen, je weiter sie von dem Verhältnis Tonerde: Kieselsäure wie 1:1,2 entfernt sind. Die Feststellungen stimmen gut mit den Ergebnissen der Schlämmanalyse überein sowie mit den Beobachtungen am Standort über den tonigen Charakter der Böden. Die Ergebnisse zeigen zum anderen die schon wiederholt festgestellte Tatsache, daß die untersuchten Böden sehr feinkörnig sein und einen relativ hohen Ton-Gehalt besitzen müssen. Außerdem enthalten sie auch feinkörnige Sande; denn in diesem Sinne waren ja die Analysen-Ergebnisse der Tonfraktionen nach der Methode Schloesing-Grandeau von den 6 schlesischen Böden zu verstehen, die Blanck analysiert hatte. Bemerkt werden muß noch, daß Blanck seine Berechnungen unter der Voraussetzung durchgeführt hat, daß in der Kaolinformel die Tonerde durch Eisenoxyd ersetzt werden kann. Nach Utescher (1930, S. 209/210) ist jedoch die Einbeziehung des Eisens in die Molekularberechnung „nicht sonderlich glücklich, denn nach allen bisherigen Erfahrungen nimmt das Eisen eine Sonderstellung im Boden ein."

Tabelle 38.

Molekularverhältnisse von Tonerde : Kieselsäure verschiedener Bodenfraktionen.

nach Blanck (1921).

	Glühv.	Al_2O_3	SiO_2	Al_2O_3 : SiO_2 : H_2O		
Mehlsand 0,02—0,06 mm	7,73	15,70	74,78	1	8,10	2,79
Grober Schluff 0,02—0,006 mm	11,47	25,45	61,18	1	4,08	2,56
Feiner Schluff 0,006—0,002 mm	15,27	33,35	49,61	1	2,53	2,60
Rohton < 0,002 mm	15,27	39,3	45,98	1	2,00	2,23

(Schlämmanalyse nach Atterberg.)

Die dritte erwähnte Arbeit von Blanck (1921) ergibt eine Bestätigung der oben gezogenen Schlüsse, die aus den Ergebnissen von Hall und Russel sowie von Giesecke gewonnen wurden. Blanck hat hier das Molekularverhältnis von Tonerde: Kieselsäure verschiedener nach dem Atterbergschen Verfahren gewonnener Fraktionen und deren Glühverlust bestimmt. Die Ergebnisse sind in Tab. 38 angeführt. Bei einem Vergleich mit Tab. 39 zeigt sich, je nachdem, ob das Eisen in die Molekularberechnung einbezogen wird oder nicht, daß die Werte angenähert der Fraktion 0,02—0,006 mm entsprechen oder zwischen dieser und der Fraktion 0,06–0,02 mm liegen. Jedenfalls besteht unter Benutzung der Molekularverhältnisse die Möglichkeit, die Böden im physikalischen Sinne recht gut zu charakterisieren.

Tabelle 39.

Bauschanalysen.

Molekularverhältnis von Aluminium und Eisen zu Kieselsäure. Darstellung in Mol. Mineralteil des Bodens gleich 100% gesetzt.

Nr. der Probe:	200	300	100	221	230
Al_2O_3	0,1678	0,1601	0,1670	0,1518	0,1680
Fe_2O_3	0,0438	0,0484	0,0491	0,0420	0,0428
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	0,2116	0,2085	0,2161	0,1938	0,2108
SiO_2	1,0760	1,0690	1,0200	1,0920	1,0870
$Al_2O_3 : SiO_2$	1 : 6,41	6,68	6,11	7,19	6,46
$Fe_2O_3 : SiO_2$	1 : 24,5	22,1	20,8	26,0	25,4
$Al_2O_3 + Fe_2O_3 : SiO_2$	1 : 5,07	5,12	4,72	5,64	5,14

2. Salzsaurer Auszug.

Die Frage nach dem Zweck des salzsauren Bodenauszuges beantwortet Hissink (1915, S. 9) dahingehend, „daß die Behandlung des Bodens mit heißer, starker Salzsäure nützlich ist für die Kenntnis I. der Charakterisierung der Bodentypen, II. der Menge und der Zusammensetzung des aktiven Bodenteils, III. der Verwitterungsvorgänge und IV. des im Boden vorhandenen Nährstoffkapitals". Die Ansichten der einzelnen Forscher über die Brauchbarkeit des salzsauren Bodenauszuges zur Lösung dieser 4 Fragen sind recht unterschiedlich. Übereinstimmung herrscht insofern, als dieser Fragenkomplex in zwei grundsätzlich voneinander verschiedene Probleme aufzulösen ist, nämlich die Charakterisierung des Bodens I. nach der rein bodenkundlichen Seite und II. nach der praktisch-landwirtschaftlichen Seite hin. Man ist sich auch des weiteren darüber klar, daß beide Punkte getrennt behandelt werden müssen; denn Punkt I fällt in das Arbeitsgebiet des Bodenkundlers und Punkt II muß gemeinsam vom Agrikulturchemiker und dem praktischen Landwirt bearbeitet werden. Übereinstimmung ist im großen und ganzen auch darüber vorhanden, daß die Lösung der bodenkundlichen Fragestellung mit Hilfe des salzsauren Bodenauszuges grundsätzlich möglich ist, während hinsichtlich des zweiten Problems die verschiedensten Methoden vorgeschlagen wurden. Während hier auf der einen Seite mit Hilfe von Bodenextrakten, angefangen bei der Verwendung von reinem und kohlensäurehaltigem Wasser bis zu starken Mineralsäuren, dieser Fragenkomplex gelöst werden soll, sehen andere Forscher Möglichkeiten zur Erreichung dieses Zieles im Gefäß- oder Feldversuch (Mitscherlich) oder in der Pflanzenanalyse (Neubauer).

Eine rein bodenkundliche Lösung versuchte van Bemmelen. Er unterschied (1888, S. 105; 1910, S. 326) den durch heiße konzentrierte Salzsäure zersetzlichen Komplex A und den durch heiße konzentrierte Schwefelsäure zersetzlichen Komplex B. Der Silikat-

Komplex A wird als derjenige Bestandteil des Bodens angegeben, der den Absorbtionskomplex des Bodens darstellt, da nach den Untersuchungen van Bemmelens eine Absorbtionsfähigkeit des Bodens nach Entfernung des Komplexes A praktisch kaum mehr vorhanden ist. Der nun verbleibende Rest setzt sich zusammen aus unverwitterten Mineralteilen sowie dem Komplex B, der aus Silikaten kaolinartiger Natur besteht. Die Komplexe A und B stellen das Verwitterungsprodukt des Muttergesteins dar.

Von Sigmond (1915. S. 168) teilt nun die „Bestandteile mineralischen Ursprunges" in 3 Gruppen ein:

„1. Chemisch unveränderte Mineralpartikel,
2. amorphe oder kolloidartige Produkte der Verwitterung, deren nähere chemische Struktur noch unbekannt ist,
3. echte, gut definierbare, chemische Verbindungen, Salze, d. i. kristalloidartige Produkte der Verwitterung."

Von Sigmond (1915. S. 170) bemerkt hierzu: „Der echte chemische Charakter des Bodens wird durch die Zusammensetzung der 2. und 3. Gruppe ausgeprägt; denn die Bestandteile dieser 2 Gruppen umfassen die im Boden aufgespeicherten Verwitterungsprodukte, aus deren Qualität und Menge wir zunächst über die Verwitterungs- und Auslaugungsvorgänge bei der Entstehung des Bodens die ausführlichsten Aufklärungen erhalten können. Nachdem aber die charakteristischen Eigenschaften des Bodens nicht von dem unveränderten mineralischen Anteil, sondern von den durch Verwitterung und Auslaugung veränderten und stets vielfachen Veränderungen unterliegenden Bodenbestandteilen der Gruppe 2 und 3 abhängig erkannt sind, so ist es auch einleuchtend, daß die Zusammensetzung dieser Bodenteile, bezüglich der Charakterisierung der Böden, von höchstem Interesse ist." Damit ist der Weg der rein bodenkundlichen Erforschung des Problems gewiesen. Die 2. Gruppe der Einteilung nach von Sigmond umfaßt sowohl den Komplex A als auch den Komplex B. Soll nun ein Boden auf Grund der Komplexe A und B charakterisiert werden, so ist die Zersetzung des Bodens so zu leiten, daß der Komplex A restlos zersetzt wird, der Komplex B jedoch sowie die unveränderten Mineralpartikel der Gruppe 1 nicht angegriffen werden. Es ist also nicht völlig korrekt, wenn von Sigmond (1915. S. 175) sagt: „Dieser durch Salzsäure zersetzbare Teil umfaßt die Verwitterungsprodukte der Gruppe 2 und 3 der Bodenbestandteile mit mehr oder weniger leichter angreifbaren, unveränderten Mineralbestandteilen der Gruppe 1, deren Menge hier nicht besonders in Erwägung hereingezogen werden mag." In Wirklichkeit wird aber nur ein Teil der Gruppe 2 durch Salzsäure angegriffen, während die kaolinartigen Verwitterungsprodukte unzersetzt bleiben.

Wie leicht ersichtlich ist, liegen die Schwierigkeiten der Methodik des salzsauren Bodenauszuges in der restlosen Erfassung

des Komplexes A. Aber schon ein Überblick über eine Auswahl von 13 verschiedenen Methoden zur Herstellung des salzsauren Bodenauszuges, wie ihn Penseler (1930, S. 3) gibt, läßt erkennen, daß eine Einheitlichkeit in den Auffassungen der Forscher über die Wahl der Versuchsmethodik zur Erfassung des einen Teils der Gruppe 2 und der Gruppe 3 nicht besteht; denn bei jeder Methode ist die Stärke der anzuwendenden Säure, ihre Einwirkungsdauer, das Verhältnis von Boden zu Salzsäure und auch die Temperatur bei der Einwirkung der Säure auf den Boden verschieden. So ist es auch nicht verwunderlich, daß bei der vergleichenden Prüfung verschiedener Methoden durch von Sigmond (1914, S. 347) und Seiwerth (1927) die erhaltenen Ergebnisse große Schwankungen aufweisen.

Ganssen (1905, S. 186 und 207) ist der Ansicht, daß der mit kalter 21,12prozentiger Salzsäure ausgezogene Bodenkomplex aus echten chemischen Verbindungen mit konstantem Molekularverhältnis von der gleichen Zusammensetzung wie der der mineralischen Zeolithe besteht. In einer späteren Arbeit kommt Ganssen (1913, S. 569) zu einer Bestätigung seiner Ansicht. Er sagt: „Die zeolithischen Silikate des Bodens zeigen dieselbe Zusammensetzung und dasselbe Verhalten wie die künstlichen Aluminat-Silikate und können somit wie diese als chemische Verbindungen angesehen werden." Die Bezeichnung „zeolithisch" wählt Ganssen bewußt, da die chemischen Verbindungen des Komplexes A die charakteristischen Eigenschaften der kristallisierten Zeolithe zeigen, nämlich Austauscherscheinungen gegen Neutralsalzlösungen. Der Ausdruck „zeolithisch" soll dagegen andeuten, „daß eine Eigenschaft fehlt, um diesen Körpern das Recht auf die Bezeichnung „Zeolith" zu gewähren" (Ganssen 1913, S. 538). So ist seiner Ansicht nach auch der mineralogische Standpunkt vollkommen gewahrt, „der unter „Zeolith" nur kristalline Verbindungen umfaßt." Eine Reihe von Forschern wendet sich aber auch gegen die Bezeichnung des Komplexes A als „Zeolith-Komplex" oder gegen die Bezeichnung der diesen Komplex zusammensetzenden Verbindungen als „Bodenzeolithe" oder „zeolithische Silikate". „Übrigens sollte man nicht von „Zeolithen", sondern nur von zeolithartigen Körpern sprechen, da die Existenz derartiger Körper im Boden noch nicht sicher feststeht und überdies im Widerspruch zu unserer neuen Verwitterungslehre steht. Die richtigste Bezeichnung wäre daher „absorptionsfähige Gelgemenge" (Russel 1914, S. 74/75)". Auch Blanck (1931, S. 8) ist gleicher Meinung: „Die Verwitterung ist nicht imstande, Körper von der Art der Zeolithe zu erzeugen." Es ist der Forschung noch nicht gelungen, die Zusammensetzung derjenigen Substanzen zu ermitteln, die in ihrer Gesamtheit den Komplex ausmachen und den Basenaustausch im Boden regeln. Blanck (1931, S. 23) ist hinsichtlich dieses Problems der Meinung, „daß der zunächst be-

stehende scharfe Gegensatz in den Ansichten, der einerseits seinen Ausdruck in der Annahme der Gegenwart von Zeolithen, andererseits von im kolloiden Zustande vorliegenden Hydroxyden im Boden fand, mehr und mehr abgeschwächt, indem von der einen Seite die kolloide Natur der als Silikatverbindungen angenommenen zeolithischen Substanz zugegeben, und letzten Endes der Kolloidton bzw. ein bestimmter Teil der feinsten Bodenteilchen für die ganze Erscheinung in Anspruch genommen wird. Trotzdem herrscht aber in vielen Punkten durchaus noch keine Klarheit und kein Einverständnis, doch läßt sich deutlich aus allem „Für" und „Wider" erkennen, daß die Bezeichnung „Zeolithe" für die fragliche Körperwelt, wie sie wieder ganz besonders in neuester Zeit aus Bequemlichkeitsgründen oder Gründen der „Sachlichkeit" angewandt wird, als durchaus verfehlt angesehen werden muß." Auch Utescher (1933, S. 206/207) erwähnt diesen Punkt und ist der Ansicht, daß der Gegensatz zwischen der chemischen Auffassung des Verwitterungsvorganges (Ganssen, Gedroiz, Kappen, Niklas u. a.) und der rein kolloid-chemischen Auffassung (Stremme, Wiegner, Stebutt u. a.) gar nicht so schroff ist, wie es zuerst den Anschein haben mag. Im Sinne der Auffassung von Ganssen werden jetzt die Verbindungen des Komplexes A als wasserhaltige Tonerdesilikate und Salze der Aluminat-Kieselsäuren angesehen. Damit ist auch von dieser Seite aus die Bezeichnung „Bodensilikate" abgelehnt; denn die eben erwähnten Verbindungen haben nicht das geringste mit den mineralischen Zeolithen zu tun, wie Ganssen bereits 1913 darlegte.

Fragt man nun, welche der heute gebräuchlichen Methoden der salzsauren Extraktion des Bodens den an sie gestellten Anforderungen am besten gerecht wird, so ist die Antwort schwer. Wie aus den schon erwähnten vergleichenden methodischen Untersuchungen von von Sigmond (1914) hervorgeht, ist keine Methode in der Lage, den Komplex A allein zu erfassen. So konnte von Sigmond zeigen (1913, S. 153), daß auch „der sog. kolloide Teil des Bodens oder der „Rohton" durch die Salzsäure angegriffen wird". Es ist dabei wichtig, festzustellen, daß „selbst schon einstündiges Kochen imstande ist, den Rohton sehr stark zu zerlegen". Es dürfte also keine Aussicht bestehen, jemals zu einer exakten Trennung der Komplexe A und B zu gelangen. Daß ferner die Meinung van Bemmelens über die Natur des Verwitterungskomplexes A als Träger der Absorptionsfähigkeit des Bodens nicht zutreffend ist, hat Gedroiz (1916) nachgewiesen. Er stellte fest, daß auch Verbindungen im Boden durch Salzsäure angegriffen werden, deren Basen nicht austauschbar sind. Wenn Gedroiz (1926, S. 100) bei der Darstellung der Methodik des offiziellen russischen Verfahrens der salzsauren Extraktion des Bodens schreibt, daß nicht bekannt ist, „was eigentlich die 10prozentige Salzsäure aus dem Boden aus-

zieht, welche Verbindungen von ihr gelöst und zersetzt werden", so läßt sich diese Bemerkung auf den salzsauren Bodenauszug ganz allgemein anwenden. An gleicher Stelle sagt Gedroiz (1926, S. 119): „Es wurde angenommen, daß diese Säure hauptsächlich den Zeolithteil auszieht und zersetzt, daß der Zeolithteil gänzlich ausgezogen wird und die anderen Kieselsäure-Verbindungen, denen die Umtauschfähigkeit fehlt, fast gar nicht angegriffen werden; diese Ansicht war durch keine experimentellen Daten bewiesen, sondern beruhte nur auf ziemlich unsicheren theoretischen Erwägungen." Hierin kommt noch einmal deutlich die Ablehnung der Ansicht van Bemmelens über den Silikatkomplex A zum Ausdruck, ferner auch die Ablehnung des Vorkommens kristallisierter Zeolithe im Boden als Produkt der Verwitterung.

Es ist weiter als erwiesen anzusehen, „daß konzentrierte HCl, selbst bei einer Stunde Kochdauer, nicht nur die verwitterten, sondern auch einen beträchtlichen Teil der unverwitterten Bodensilikate zersetzt und in Lösung bringt" (von Sigmond 1931, S. 153). Blanck und Rieser (1928, S. 31) wiesen nach, daß auch der Feinheitsgrad des zur Analyse verwendeten Bodens auf das Endergebnis von bedeutendem Einfluß ist. Je feiner der Boden ist, umso mehr unverwitterte Teile werden angegriffen. Die genannten Verfasser führten 2 Analysen aus, die eine mit gewöhnlichem Bodenmaterial unter 2 mm Korngröße und die andere mit Material, das zur Bauschanalyse bestimmt war. Als Summe der in Salzsäure löslichen Bestandteile fanden sie im ersten Fall 7,86% und im 2. 13,14%. Es ist in diesem Zusammenhang von geringerem Interesse, welche Extraktionsmethode die beiden Autoren anwandten.

Für die Herstellung des salzsauren Bodenauszuges wird also die Methode am meisten Erfolg versprechend sein, die auf die unverwitterten Bestandteile und den Rohton des Bodens möglichst wenig einwirkt. Die gleiche Forderung stellen auch Blanck und Rieser (1928, S. 26). Sie sehen dabei die Aufgabe des salzsauren Bodenauszuges nur in der Lösung von „Fragen verwitterungskundlicher Art"; denn „der Einfluß allzu stark gewählten Angriffs muß aber stets einem chemischen Aufschluß nahe oder gleich kommen".

Versucht man die Lösung dieser Fragen zur Methode unter Zuhilfenahme praktischer agrikulturchemischer Gesichtspunkte, kommt man auch zu keinem greifbaren Ergebnis. Bei seinen im Hinblick auf Methoden zur Feststellung der Bodenfruchtbarkeit ausgeführten Untersuchungen kommt Penseler zu einer Ablehnung der Anwendbarkeit des salzsauren Bodenauszuges „im Lichte der neueren agrikulturchemischen Bodenforschung". Dabei stellt er u. a. fest (1930, S. 28: „Die austauschfähigen bzw. pflanzenaufnehmbaren Mengen von Phosphorsäure, Kali und Kalk machten nur einen Bruchteil der betreffenden in Salzsäure löslichen Menge

aus. Hiernach geht die Salzsäure-Methode auch zu weit." Anders urteilen z. B. Lemmermann und Mitarbeiter (1911, S. 257). Mit Hilfe eines mit 10 prozentiger Salzsäure hergestellten Bodenauszuges ist es ihnen möglich gewesen, „in 70—75% aller Fälle einen ziemlich richtigen Aufschluß über das Phosphorsäure-Düngungsbedürfnis" zu geben. Auch von Sigmond ist der Ansicht, daß nach den Ergebnissen des salzsauren Bodenauszuges ein Schluß auf den Nährstoffgehalt des Bodens möglich ist. Er sieht (1915, S. 171) „die Bestandteile der Gruppe 2 als die Kammerräume der Nährstoffe" an. Je nachdem, ob nun „diese Kammer gut ausgebaut, mit erwünschten Nährstoffen gut gesättigt und vor der ausraubenden Wirkung der Bodenauslaugung gut geschützt" ist, „ist auch der Boden für die Pflanzenernährung reich". Die Pflanzennährstoffe stellen dabei die in Gruppe 3 der Einteilung aufgeführten Bodensalze dar. Münter (1919, S. 187) ist der Meinung, durch den salzsauren Bodenauszug Aufschluß über „die unter bestimmten Bedingungen im Boden vorhandenen löslichen Nährstoffmengen, das Nährstoffkapital", zu erhalten, wobei von Münter unter „Nährstoffkapital" „die den Pflanzen etwa zur Verfügung stehenden Nährstoffmengen" verstanden wird. Diese Ansicht wird von Blanck (1920, S. 130/131) sehr scharf kritisiert. Er leugnet jeden Wert des salzsauren Bodenauszuges für Fragen des Nährstoffgehaltes der Böden. Blanck stellt sich dabei auf den Standpunkt, „daß die Salzsäuremethode weit davon entfernt ist, irgendwelche Ergebnisse von nennenswerter Brauchbarkeit für agrikulturchemische Fragen zu liefern". Eine in gewisser Hinsicht vermittelnde Stellung nimmt dagegen Ganssen (1913, S. 568) ein, der in dem salzsauren Bodenauszug ein Mittel zur Bestimmung des Silikatkomplexes A sieht und weiter die Ermittlung des Gehalts an Gesamt-Nährstoffen für möglich hält, „der in den nächsten Jahrzehnten den Pflanzen verfügbar sein wird ohne Rücksicht auf den zur Zeit leicht löslichen Zustand der Nährstoffe". Von Sigmond (1915, S. 187 189) ist ebenfalls der Meinung, daß man mit Hilfe des salzsauren Bodenauszuges den Nährstoffvorrat roh bestimmen und angeben kann, „ob der Boden reich, mittelreich oder arm an Pflanzennährstoffen ist", da ja die Salzsäure-Methode Bodensalze, amorphe und kolloidartige Verwitterungsprodukte als Summe zu bestimmen gestattet. Er weist aber ebenfalls darauf hin, daß über den Düngungszustand des Bodens auf Grund des salzsauren Auszuges nichts ausgesagt werden kann. Die zuletzt geschilderte Ansicht dürfte zumindest auch insofern zutreffend sein, als die durch Salzsäure herausgelösten Nährstoffe für die Pflanzen eher nutzbar sein werden als die in den unverwitterten Silikaten enthaltenen, womit allerdings nichts darüber gesagt ist, in welcher Zeit sie für die Pflanzen aufnehmbar sein werden. Von diesem Gesichtspunkt aus wäre also von vornherein weder die eine noch die andere Methode vorzuziehen oder zu verwerfen. Die Brauchbar-

keit einer Methode aber ist unter Zuhilfenahme dieses praktisch agrikulturchemischen Gesichtspunktes nicht zu ermitteln. Maßgebend kann nur ein rein bodenkundlicher Standpunkt sein, was wohl auch der heute vorherrschenden Meinung entspricht.

Die augenblicklich gebräuchlichsten Methoden sind das Verfahren van Bemmelen-Hissink und die Methode der Preußischen Geologischen Landesanstalt. Nach Utescher (1928, S. 275) ist die letztere Methode recht brauchbar, denn „sie gewährleistet eine restlose Erfassung der vollständig zersetzten Silikate unter weitgehender Schonung des Muttergesteins und der kaolinischen Silikate". Die Methode van Bemmelen-Hissink wird dagegen abgelehnt, da sie den Boden zu stark angreift. So geht nach Untersuchungen von Ganssen (1929) bei Anwendung dieser Methode häufig 23% mehr Tonerde in Lösung als nach dem Verfahren der Preußischen Geologischen Landesanstalt. Weiter kann die Methode der Landesanstalt das Verdienst für sich in Anspruch nehmen, daß mit ihrer Hilfe Beziehungen zwischen den Analysenergebnissen und der agrikulturchemischen Praxis haben ermittelt werden können.

Bei der Entwicklung seiner Theorie der Molekularverhältnisse geht Ganssen (1912) von dem Vorhandensein von Aluminat-Silikaten im Boden aus, die den reaktionsfähigen Anteil des Bodens ausmachen. Die Aluminat-Silikate stellen chemische Verbindungen kolloidaler Natur dar, die durch die Zusammensetzung 3^+ Mol SiO_2 . 1 Mol Al_2O_3 . 1 Mol Base gekennzeichnet sind und durch Salzsäure vollkommen zersetzt werden. Das Zeichen + deutet dabei an, „daß das Minimum an Kieselsäure-Molekülen 3 beträgt, daß die Silikate jedoch (ähnlich wie die kristallisierten Zeolithe) 4, 6 und mehr Moleküle SiO_2 enthalten können" (Ganssen 1913, S. 532). Während das Molekularverhältnis der Kieselsäure zur Tonerde in relativ weiten Grenzen schwanken kann, ist das Verhältnis von Tonerde zur Summe der 2-wertigen und 1-wertigen Basen (CaO, MgO, K_2O, Na_2O) ein konstantes, nämlich 1 : 1. Selbstverständlich sind für die Berechnung des Molekularverhältnisses die äquivalenten Mengen Base für Kohlensäure und Phosphorsäure bzw. sonst noch vorhandene Säuren in Abzug gebracht worden.

Ein Boden, in dem die „zeolithischen" Silikate ein Verhältnis von Tonerde : Base wie 1 : 1 zeigen, ist adsorptiv gesättigt oder neutral. Der Boden ist in diesem Falle fruchtbar; denn zwischen den Salzen der Bodenlösung und diesen kolloiden Silikaten findet ein dauernder Basenaustausch statt, und die kolloidalen Silikate sind stets in der Lage, Basen in die austauschende Lösung abzugeben. Umgekehrt wird ein Boden, dessen durch Salzsäure zersetzlicher Anteil ein Molekularverhältnis von $3 : 1 : < 1$ aufweist, als adsorptiv ungesättigt oder sauer bezeichnet. Ein solcher Boden besitzt eine geringere Fruchtbarkeit. Die in der Bodenlösung vorhandenen Nährstoffe werden adsorbiert und gehen damit für die Pflanzenernährung

verloren. Bei einem Verhältnis von $3:1:>1$ ist der Boden alkalisch. Auch dieser Boden besitzt keinen günstigen Fruchtbarkeitszustand. Aus der Praxis ist ja seit langem bekannt, daß alkalische Beschaffenheit des Bodens den Kulturpflanzen nicht zuträglich ist. Die Begriffe sauer, neutral und alkalisch bedeuten nicht nur ein saures, neutrales oder alkalisches Molekularverhältnis, sondern sie beziehen sich auch auf die Reaktion des Gesamtbodens. Erwähnt werden soll an dieser Stelle noch, daß auch andere Ansichten vertreten werden. So ist z. B. Pearsell (1926) der Meinung, daß das Basenverhältnis $(K + Na) : Ca$ für den sauren Charakter eines Bodens von maßgebender Bedeutung ist.

Es hat nun in weitem Maße eine Überprüfung der Ganssenschen Theorie durch den pflanzenphysiologischen und Feldversuch eingesetzt. Trotz mancher widersprechender Ergebnisse ist aber doch eine häufige Zustimmung zu den Befunden der Theorie nicht zu verkennen. Die Theorie von Ganssen stellt im wesentlichen eine Weiterentwicklung der Betrachtungsweise von van Bemmelen dar, der für die Silikatkomplexe A und B ein bestimmtes Verhältnis von Tonerde : Kieselsäure festgestellt hatte, indem jetzt Ganssen die Summe der 2- und 1-wertigen Basen in das Verhältnis einbezogen hat. So kommt Utescher (1928, S. 266) zu dem Urteil, daß es nun möglich geworden ist, „die Ergebnisse der Nährstoffanalyse in bedeutend weiterem Umfange auszunützen, wesentlich tiefere Einblicke in die Entstehungsart und den Charakter der Böden zu gewinnen und viel weiter gehende praktische Nutzanwendungen aus der Bodenanalyse zu ziehen, als es die bisherige Art der Auswertung ihrer Ergebnisse gestattet". Während Ganssen die Darstellung der Analysenergebnisse in molarer Form für die richtige hält, ist im Gegensatz dazu von Sigmond (1912) der Meinung, daß die Darstellung in Äquivalenten bzw. Äquivalentprozenten die sichersten Einblicke in das Wesen des Bodens gestattet. Beide Autoren stimmen aber zunächst darin überein, die Bestandteile nicht in gewichtsprozentiger Form anzugeben. Der Grundgedanke für die Ausdrucksweise von von Sigmond „liegt darin, daß anstatt der alten, dualistischen Wiedergabe der Konstituenten, die positiven und negativen Bestandteile entsprechend in Ionen umgerechnet und weiterhin die Äquivalentwerte in Prozenten der gesamten positiven resp. negativen Bestandteile zur Wiedergabe gebracht werden. Dadurch soll der chemische Charakter des salzsauren Bodenauszuges mit den hauptsächlichsten bodenbildenden Mineralien verglichen werden können, um nähere Aufschlüsse über Verwitterungs- und Auslaugungsverhältnisse zu erhalten (von Sigmond 1931, S. 157 158)". Die Tonerde wird hier einfach als basischer Bestandteil aufgefaßt, während Ganssen der Tonerde einen sauren Charakter beilegt, indem er sie mit der Kieselsäure zusammen als komplexe Säure betrachtet. Von Sigmond (1912, S. 198) stellt die Kieselsäure als Ortho-

kieselsäure dar. Ein grundlegender Unterschied zwischen den Auffassungen beider Forscher besteht auch darin, daß von Sigmond im Gegensatz zu Ganssen keine Rekonstruktion der „zeolithischen" Bodensilikate versucht, weil die Gefahr von Trugschlüssen bestehen kann (von Sigmond 1915, S. 224). Die Erfahrung hat gelehrt, „daß durch die Behandlung des Bodens mit starker Salzsäure nicht nur der Absorptionskomplex, sondern auch andere Silikate zersetzt werden, ... wodurch die ganze Rekonstruktion des Adsorptionskomplexes auf Grund der Zusammensetzung des Salzsäure-Auszuges hinfällig zu sein scheint" (von Sigmond 1931, S. 163/164). Seine Terminologie bezweckt nur, „die chemischen Bodenbestandteile und deren gleichwertige Mengenverhältnisse unseren heutigen chemischen Kenntnissen entsprechend auszudrücken" (von Sigmond 1915, S. 224). Aber ganz abgesehen davon, inwieweit eine Kritik von der einen oder anderen Seite berechtigt ist, muß zugegeben werden, daß beide Darstellungsweisen gute Einblicke in das Wesen des Bodens gestatten. Es sind deshalb in der vorliegenden Arbeit die Ergebnisse des salzsauren Bodenauszuges sowohl in Äquivalenten und Äquivalentprozenten als auch in molarer Form angegeben.

Es taucht nun die Frage auf, inwieweit die Methode des salzsauren Bodenauszuges von Gedroiz (1926, S. 102/103) in der Lage ist, auf die Probleme der Ganssenschen Theorie Antwort zu geben und in welchem Umfange diese Methode eine Auswertung der Ergebnisse im Sinne von von Sigmond gestattet. Wie bereits angeführt wurde, sind die beiden heute gebräuchlichsten Methoden zur Herstellung des salzsauren Bodenauszuges die Vorschrift der Preußischen Geologischen Landesanstalt und die Methode van Bemmelen-Hissink (Lemmermann 1932, S. 56). Beide Methoden unterscheiden sich voneinander durch das verschiedene Verhältnis von Boden : Salzsäure und die Kochdauer. Die Methode v. B.-H. benutzt weitere Verhältnisse von Boden : HCl und verschärft damit die Auslaugungsbedingungen. Utescher (1928, S. 271/275) setzt sich mit beiden Methoden kritisch auseinander und kommt bei einem Vergleich der Ergebnisse der Methode v. B.-H. mit denen der Pr. Geol. L.-A. zu der Feststellung, „daß die geringe Zunahme der Basen — außer Kalk — und die beträchtliche Zunahme von Tonerde und Kieselsäure bei Verschärfung der Auslaugungsbedingungen vermuten läßt, daß diese eine etwas stärkere Zersetzung der Ursprungsmineralien und einen nicht unbeträchtlichen vermehrten Abbau der kaolinischen Silikate zur Folge hat" (S. 273). Um nun zu entscheiden, welche von beiden Methoden die brauchbarere sei, wird als Kriterium das „Molekularverhältnis nach Ganssen in Verbindung mit Aziditätsbestimmungen nach anderen Methoden" (Utescher 1928, S. 272) angesehen. Utescher (S. 275) weist dann noch auf eine in beiden Methoden unterschiedliche Tatsache hin, indem bei

der Methode der L.-A. eine Stunde mit Säure vom spez. Gewicht 1,15 auf dem Sandbad gekocht wird, so daß also „deren Konzentration und Menge sich allmählich durch Sättigung und Verdampfen verringert", während die andere Methode, die ebenfalls von Säure mit dem spez. Gewicht 1,15 ausgeht, nach dem Erreichen des konstanten Siedepunktes (S. P. 110°, d = 1,10) unter Rückflußkühlung weiter kocht. Unter derartigen experimentellen Bedingungen können aber bis über 8% des angewandten Bodens mehr extrahiert werden. Hierdurch ergibt sich unter Umständen ein falsches Bild von dem im Boden vorhandenen Nährstoffvorrat oder seinem Verwitterungszustand; auch die Charakterisierung des Bodens kann ungenau werden. Damit ist die Frage zu verneinen, ob eine weitere Verschärfung der Auslaugungsbedingungen vorteilhaft wäre. Weiterhin wird von Utescher festgestellt, daß bei der Berechnung des Molekularverhältnisses nach Ganssen die Methode der Pr. Geol. L.-A. diejenigen Ergebnisse liefert, „die mit den Aziditätsbestimmungen nach anderen Methoden am besten übereinstimmen".

So ist also eine Auswertung der Ergebnisse nach der Methode von Gedroiz im Sinne der Ganssenschen Theorie nur möglich, wenn sie den Boden ähnlichen Extraktionsbedingungen unterwirft wie die Methode der Pr. Geol. L.-A. Vergleicht man diese Methoden zunächst in ihren Vorschriften miteinander, unterscheiden sie sich in der Ausgangskonzentration der Salzsäure und der Kochdauer. Gedroiz geht sofort von einer Anfangskonzentration d = 1,10 aus und kocht nur 30 Minuten. „Nach einer halben Stunde wird die Flamme des Brenners verkleinert, der Boden absitzen gelassen und zur Filtration übergegangen" (Gedroiz 1926, S. 103). Die Behandlung des Bodens mit Salzsäure in der Wärme dauert also nach abgeschlossenem Kochen noch eine Zeitlang fort. Das Verhältnis von Boden : Salzsäure wie 1:10 nach Gedroiz würde gegenüber der Methode der L.-A. keinen grundlegenden Unterschied bedeuten, obwohl hier in der Regel mit einem Verhältnis von 1:4 gearbeitet wird. Utescher (1928, S. 274) betont selbst, daß bei Sandboden das Verhältnis von Boden : Säure auf 1:2 (entsprechend 50 g Boden) eingeengt und bei kalkreichen oder stark tonigen Böden die Bodenmenge bis auf 10 g verringert werden kann. „Das Ergebnis dieser Untersuchung ... zeigt, daß innerhalb der gewählten Grenzen das Verhältnis von Boden zu Salzsäure praktisch ohne jeden Einfluß ist."

Von relativ größtem Einfluß ist sicherlich die Verkürzung der Kochdauer bei der Methode Gedroiz. Leider liegen in der Literatur keine Angaben über einen direkten Vergleich beider Methoden vor. Die Möglichkeit einer Gegenüberstellung bietet sich nur auf Grund von Untersuchungen, die von Sigmond (1914) angestellt hat. Er hat hier 4 Methoden miteinander verglichen, u. a. auch die „russische Methode mit 10 proz. Salzsäure" und die Methode „Eine

Stunde Kochdauer mit Salzsäure vom spez. Gewicht 1,115" (von Sigmond 1931, S. 152). Diese hier erwähnte russische Methode (Gedroiz 1926, S. 101/102) hat nun Gedroiz vereinfacht und die bereits erwähnte Vorschrift (Gedroiz 1926, S. 102/103) hierfür angegeben. Er stellt fest, daß die Ergebnisse beider Methoden übereinstimmen und hebt als Vorteil der abgeänderten Methode ($^1/_2$ stündige Kochdauer mit Salzsäure von konstantem Siedepunkt, Verhältnis von Boden : Salzsäure wie 1:10) hervor, daß sie weniger Zeit und Heizmaterial erfordert und zugleich auch weniger subjektiv ist. Zur Methodik der erwähnten vergleichenden Untersuchungen (von Sigmond 1931) bemerkt von Sigmond (S. 152): „Bei der 3. Methode (d. i. HCl d = 1,115; Kochdauer 1 Stunde) wurde dagegen bei 109° C im Schwefelsäurebad 1 Stunde lang und bei der russischen Methode wieder während einer Zeitdauer von 10 Stunden erwärmt". Bei dem Vergleich der Methode van Bemmelen-Hissink mit der Methode der Preußischen Geologischen Landesanstalt bemerkt Utescher (1928, S. 271), daß die Werte für Kalk, Natron und Phosphorsäure unabhängig von der Variierung der Versuchsbedingungen sind. Diese Tatsache ergibt sich auch aus den erwähnten Untersuchungen von von Sigmond. Utescher findet weiter, daß eine Zunahme der Werte bei Kali und Magnesia fast regelmäßig festzustellen ist. „Besonders scharf tritt diese Abhängigkeit aber bei den Werten für Kieselsäure und Tonerde zutage" (1928, S. 272). Gerade in diesem zuletzt erwähnten Fall zeigen aber die Untersuchungen von von Sigmond eine Gleichartigkeit der Ergebnisse. So werden dort bei den beiden erwähnten Methoden gefunden (Werte der russischen Methode zuerst genannt) 3,47% und 3,22% Tonerde, sowie 8,27% und 8,01% Kieselsäure.

Aus den oben genannten Gründen und diesen Erwägungen heraus glaube ich schließen zu können, daß die Methode Gedroiz ebenso wie die Methode der L.-A. geeignet ist, eine Auswertung der Ergebnisse im Sinne der Theorie von Ganssen zuzulassen. Es ist hierbei allerdings die Annahme gemacht, daß die bei von Sigmond erwähnte 3. Methode (HCl d = 1,115; 1 Sunde Kochdauer) der Methode der L.-A. gleichwertig ist. Als feststehend konnte angenommen werden, daß die Methode von Gedroiz gegenüber der L.-A. keine Verschärfung der Extraktionsbedingungen darstellt. Eine Verschiebung des Molekularverhältnisses nach der sauren Seite, wie es bei der Ermittlung desselben unter Verwendung der Methode v. B.-H. infolge Extraktion einer größeren Menge Tonerde geschieht, war sicherlich nicht zu erwarten (vgl. hierzu auch die Untersuchungen von Penseler 1930, S. 13). Ein etwa auftretendes alkalisches Molekularverhältnis konnte aber sowohl durch schwächere Extraktionsbedingungen als auch in der Eigenart des untersuchten Bodens begründet sein. Bei der Besprechung der Analysenergebnisse soll dann auf diese Frage näher eingegangen werden.

Für die Darstellung der Ergebnisse des salzsauren Auszuges nach den Vorschlägen von von Sigmond schreibt dieser keine bestimmte Methode als notwendig zur Auswertung der Ergebnisse in seinem Sinne vor. Auch bei seiner Auseinandersetzung mit der Ganssenschen Auffassung wird nur die Ansicht als solche kritisiert, nicht aber die Methode von Ganssen verworfen. So erscheint es also auch angängig, die mit der Methode Gedroiz gewonnenen Ergebnisse im Sinne von von Sigmond auszuwerten.

Erwähnt werden mag noch, daß von manchen Seiten die Brauchbarkeit des salzsauren Bodenauszuges zur Lösung bodenkundlicher Fragen überhaupt geleugnet wird. Eine solche Ansicht vertreten z. B. Bujakowsky und Treschow (1933). Sie verneinen die Möglichkeit einer Bestimmung des Sesqui-Oxydgehaltes des Verwitterungskomplexes, da nur bei Quarzsanden und Böden der sauren Urgesteine die Wahrscheinlichkeit bestehe, daß der unverwitterte Bodenanteil von der Säure nicht angegriffen wird. Alle bisher veröffentlichten Methoden über die Herstellung von salzsauren Bodenauszügen haben aber diesen Punkt berücksichtigt. Sie haben sämtlich die Forderung beachtet, daß der unverwitterte Bodenanteil sowie die kaolinischen Silikate vor dem Angriff der Säure möglichst geschützt werden müssen.

Tabelle 40.

Salzsaurer Bodenauszug.

Darstellung als Metalloxyde bzw. Säureanhydride in Gewichtsprozenten.

Nr. der Probe:	200	300	100	221	230
SiO_2	0,27	0,26	0,24	0,11	0,15
Al_2O_3	5,26	5,55	5,96	5,25	5,75
Fe_2O_3	5,44	5,29	5,54	4,70	4,95
CaO	1,83	1,90	2,43	2,37	1,76
MgO	1,75	1,97	2,31	1,37	1,29
K_2O	0,70	0,71	0,87	0,80	0,84
Na_2O	0,09	0,09	0,15	0,17	0,17
P_2O_5	0,22	0,20	0,19	0,22	0,20
CO_2	0,83	1,02	1,57	0,49	0,68
	16,39	16,99	19,26	15,48	15,79
org. Stoffe usw.	6,55	5,97	7,10	5,17	4,84
	22,94	22,96	26,36	20,65	20,63
SiO_2 (alkalilösl.)	13,99	14,34	15,16	15,14	16,39
durch HCl zers. insges.	36,93	37,30	41,52	35,79	37,02
Glühverl. des Rückst.	6,10	5,22	2,98	13,45	10,40
Mineralstoffe d. Rückst.	56,72	57,30	55,49	50,61	52,77
	99,75	99,82	99,99	99,85	100,19

Die Ergebnisse des salzsauren Auszuges der untersuchten Bodenproben gibt Tab. 40 in dualistischer Form wieder. Es seien hier wie

bei der Besprechung der Bauschanalyse zunächst die Verhältnisse im oberen und unteren Teil der Bodenkrume behandelt. Hinsichtlich der Phosphorsäure liegen die Verhältnisse klar. Bei der Gegenüberstellung der Proben 221—200 und 230—300 zeigen beide keine Unterschiede; oberer und unterer Teil der Krume verhalten sich vollkommen gleichartig. Anders ist es beim Eisen und der Magnesia. Hier liegen die Werte in der obersten Schicht niedriger als in der unteren. Umgekehrt liegen die Verhältnisse bei den Alkalien und der Kieselsäure. Bei der Tonerde sind keine klaren Beziehungen zu erkennen. Es hat den Anschein, als ob obere und untere Bodenschicht keine grundsätzlichen Differenzen aufweisen. Die Menge der extrahierten organischen Stoffe ist in der obersten Schicht geringer als in der unteren, was wohl auf den höheren Gehalt ersterer an noch nicht vollkommen humifizierten Stoffen zurückzuführen sein dürfte. In gleicher Weise undurchsichtig wie bei der Bauschanalyse ist das Verhalten des Kalkes, da einmal eine Zunahme, das andere Mal eine Abnahme mit der Tiefe zu konstatieren ist.

Recht klar liegen dagegen die Beziehungen der unteren Bodenschichten (Pr. 200, 300, 100) zueinander. Überall ist mit zunehmender Annäherung einer Probe an den Grundwasserspiegel eine Zunahme der Menge an extrahierten Stoffen zu bemerken, und zwar sowohl der einzelnen Komponenten als auch der Summe der gelösten Stoffe. Man möchte daraus den Schluß ziehen, daß der häufigeren Berührung des Bodens mit dem Grundwasser eine zunehmende Verwitterung des Bodens entspricht.

Tabelle 41.

Salzsaurer Bodenauszug.

Übersicht. Zahlenangabe: Gewichtsprozente.

Nr. der Probe:	200	300	100	221	230
Mineralstoffe (Extrakt)	30,38	31,33	34,42	30,62	32,18
Mineralstoffe (Rückstand)	56,72	57,30	55,49	50,61	52,77
Glühverlust (Ausgangsbod.)	12,65	11,19	10,08	18,62	15,28
	99,75	99,82	99,99	99,85	100,19

Will man den Verwitterungs- und Auslaugungszustand eines Bodens beurteilen, so ist zuerst immer der in Salzsäure unlösliche Rückstand zu berücksichtigen. Es ist aus Tab. 41 zu ersehen, daß nach der Tiefe zu (vgl. Pr. 221—200, 230—300) der unlösliche Rückstand zunimmt, während die Proben 200, 300 und 100 in dieser Hinsicht untereinander keine Beziehungen erkennen lassen. Diese werden aber nur durch das verschiedenartige Verhalten der organischen Stoffe verdeckt. Sieht man nämlich statt des unlöslichen Rück-

standes die Menge der extrahierten Mineralstoffe an, ergibt sich die bereits oben gemachte Feststellung der Zunahme des salzsäurelöslichen Anteils bei den tiefer liegenden Böden (Pr. 300 und 100).

Tabelle 42.

Salsaurer Bodenauszug.

Ergebnisse in Prozenten der Werte der Bauschanalyse.

Nr. der Probe:	200	300	100	221	230
Al_2O_3	35,11	38,24	38,80	41,78	39,63
Fe_2O_3	78,61	77,00	78,24	86,24	85,49
CaO — Ges.-Gehalt	97,34	94,06	89,99	86,80	91,18
geb. an CO_2	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
anderw. geb.	95,72	91,37	82,71	84,74	88,96
MgO — Ges.-Gehalt	106,0	82,10	93,91	98.56	94,86
geb. an CO_2	100,00	100,00	100,00	100.00	100.00
anderw. geb.	107,1	77,71	91,75	97,52	93,13
K_2O	21,09	21,52	22,25	22,22	25,28
Na_2O	4,74	6,34	9,87	12,31	12,14
P_2O_5	88,00	66,67	52,78	73,33	66,67
CO_2	100,00	100,00	100.00	100,00	100,00
SiO_2	25,21	25,59	28,08	28,61	29,87
Glühverlust	51,77	53,25	70,47	22,76	31,77
Summe	36,87	37,26	41,42	35,85	37,02

Einen direkten Vergleich zu den Ergebnissen der Bauschanalyse (Tab. 28) soll die Tab. 42 ermöglichen. Sie zeigt zunächst die prozentualen Mengen, die im salzsauren Auszug von dem Gesamtgehalt des Bodens überhaupt enthalten sind. Fast vollständig sind nur Kalk und Magnesia extrahiert worden, in hohem Maße ferner noch Eisen und Phosphorsäure. Kieselsäure, Tonerde und Alkalien sind nur in geringem Maße im Auszug enthalten; sie machen demnach auch die Hauptmenge des Rückstandes aus. Wenn z. B. die Tab. 40 aussagt, daß sämtliche 5 untersuchten Proben einen annähernd gleichen Gehalt an salzsäurelöslicher Tonerde und Phosphorsäure aufweisen, so zeigt demgegenüber die Tab. 42, daß die prozentual gelösten Mengen — bezogen auf den Gesamtgehalt — recht verschieden ausfallen. Ebenso ergeben sich z. B. hinsichtlich des Kalkes andere Zusammenhänge. Tab. 40 läßt eine Zunahme des salzsäurelöslichen Kalkes bei den näher dem Grundwasserspiegel liegenden Böden erkennen. Bezogen auf die Gesamtmenge jedoch nimmt die Salzsäurelöslichkeit des Kalkes ab. Der aus Tab. 40 gezogene Schluß, daß der Boden des Mentha-Standortes sich in einem stärker verwitterten Zustand befindet als die Böden 200 und 300, hat aber dennoch seine Berechtigung; denn eine Zunahme des durch Salzsäure zersetzlichen Anteils ist immer gleichbedeutend mit einem höheren Teil des Gesamtbodens am Verwitterungskomplex.

Die wichtigsten Einblicke in das Wesen des Bodens vermitteln

aber erst die Darstellungen der Ergebnisse nach von Sigmond und nach Ganssen.

Die Darstellung der Analysenergebnisse als Milligramm-Äquivalente gibt Tab. 43, auf die es nach von Sigmond bei der Auswertung der Analyse hauptsächlich ankommt. Betrachtet man die Gesamtmenge der positiven und negativen Milliäquivalente, so zeigt sich eine Abnahme nach den obersten Schichten, eine Zunahme dagegen nach dem tiefer liegenden Boden 100 hin. Erst bei Einbeziehung der Kieselsäure ändern sich die Verhältnisse dahingehend, daß

Tabelle 43.

Salzsaurer Bodenauszug.
Darstellung als Milligramm-Aequivalente.

Nr. der Probe:	200	300	100	221	230
Sa. Kationen bezw. Anionen	684,2	709,0	783,6	664,6	674,6
SiO_2	312,5	317,8	321,8	383,5	466,7
Sa. An. u. SiO_2	996,7	1027,2	1105,4	1048,1	1141,3
SiO_2 u. SiO_4^{IV}.	949,7	972,5	1026,0	1016,0	1102,0
Sa. Kat., An. u. SiO_2	1680,9	1735,8	1889,0	1712,7	1815,9

auch eine Zunahme nach den oberen Schichten zu auftritt. Es ist jedoch nicht möglich, aus der Tatsache eines rein rechnerisch feststellbaren Überschusses auf das Vorkommen freier Kieselsäure zu schließen, wie dies auch schon an anderer Stelle ausgeführt wurde. Ein exakter Nachweis ist nur so zu führen, daß der Ausgangsboden mit Alkalien, z. B. fünfprozentiger Kalilauge (d = 1,04), behandelt wird. Die dann etwa gelöste Kieselsäure ist als freie Kieselsäure anzusehen (vgl. auch von Sigmond 1931, S. 173). In der vorliegenden Untersuchung wurde der Ausgangsboden in dieser Weise behandelt und die Anwesenheit freier Kieselsäure nachgewiesen. Quantitativ wurde diese Feststellung nicht ausgewertet.

Vergleicht man hierzu die Zusammenstellung von von Sigmond (1931, S. 161) über die durchschnittlich chemische Zusammensetzung des salzsauren Auszuges humider und arider Böden Amerikas, die als Gesamtmenge der positiven bzw. negativen Milligramm-Äquivalente 355,73 bzw. 715,17 aufweisen, so sieht man zunächst bei allen 5 von mir untersuchten Proben einen reichen Verwitterungskomplex, der sonst nur ein Zeichen arider Böden ist. Es unterliegt aber keinem Zweifel, daß die hier untersuchten Böden der Rabeninsel zu den humiden Böden gehören, jedenfalls aber nicht der Gruppe der ariden Böden zuzuordnen sind. Daß der Verwitterungskomplex in humiden Böden trotz der hier viel lebhafter vor sich gehenden Verwitterung ärmer ist als in ariden Böden, ist in der allmählichen Podsolierung der humiden Böden begründet. So ist zunächst der Schluß zulässig, daß es sich bei den untersuchten

Aueböden noch um wenig oder gar nicht ausgelaugte Böden handelt. Diese Böden, zumal derjenige am Mentha-Standort, die oft in Berührung mit dem Grundwasser kommen. werden durch dieses nicht etwa ausgelaugt, sondern, wie aus einer Grundwasseranalyse geschlossen werden darf, sogar mit Nährstoffen angereichert, so daß also neben stärkerer Verwitterung besonders bei dem Boden des Mentha-Standortes (Pr. 100) auch die Anreicherung von salzsäurelöslichem Material durch das Grundwasser mit in Betracht zu ziehen ist.

Von Sigmond hat nun weitere Unterschiede zwischen humiden und ariden Böden festgestellt, die bei Berechnung der Äquivalentprozente sichtbar werden (Tab. 44). Von Sigmond findet (1931, S. 161), „daß die Äquivalentprozente der 1-wertigen und 2-wertigen Metallbestandteile (Kationen) in den humiden Böden 6,3%, in den ariden dagegen 20,06% ausmachen, und es bleiben demzufolge für die 3-wertigen Metallbestandteile in den humiden Böden 93,77%, in den ariden 79,94% übrig". Legt man diese Beurteilung für die untersuchten Böden zugrunde, so verhalten sie sich ganz wie aride Böden. Mit Sicherheit kann geschlossen werden, daß

Tabelle 44.

Salzsaurer Bodenauszug.
Summe der III-, II-, und I-wertigen Kationen.
Aequivalentprozente.

Nr. der Probe:	200	300	100	221	230
III	75,18	74,12	71,35	73,52	77,75
II	22,23	23,34	25,68	23,08	18,79
I	2,59	2,54	2,97	3,40	3,46
I + II	24,82	25,88	28,65	26,48	22,25

die Böden sich in einem wenig ausgelaugten Zustand befinden. Das charakteristische Kennzeichen podsolierter Böden, die Auswaschung der 1- und 2-wertigen Metallbestandteile und eine entsprechende Anreicherung der 3-wertigen Komponenten, ist hier nicht zu finden. Es kann vielmehr gefolgert werden, daß sowohl das an Salzen besonders 2-wertiger Kationen reiche Grundwasser als auch die alljährliche Zufuhr großer Mengen 2- und 1-wertiger Kationen durch den Laubfall den geschilderten Charakter des Bodens zum wesentlichen Teil mit bedingen.

Bei Betrachtung der untersuchten Proben im einzelnen wird dieser Schluß dadurch gestützt, daß gerade bei dem dem Grundwasserspiegel am nächsten liegenden Boden (Pr. 100) diese Verhältnisse am klarsten zutage treten. Hier sind die 2-wertigen wie auch die 1-wertigen Kationen mit einem höheren Prozentsatz vertreten als in den Proben 200 und 300. Analog verhält es sich mit der oberen und unteren Schicht der Krume beim Boden des Ranun-

culus-Standortes. Hier überwiegen die 1- und 2-wertigen Bestandteile in der oberen Schicht, während beim Boden des Urtica-Standortes die gleichen Verhältnisse nur noch bei den 1-wertigen Kationen realisiert sind.

Allgemein lassen sich aber doch die nachstehenden Erkenntnisse gewinnen. In der obersten Bodenschicht ist der Anteil des Aluminiums höher, der des Eisens kleiner als in der entsprechenden unteren Bodenschicht. Bei den 2-wertigen Kationen sind hinsichtlich des Kalkes die Beziehungen ungeklärt, während das Magnesium in den unteren Schichten stärker angehäuft ist. Bei den 1-wertigen Metallbestandteilen ist in allen Fällen eine Anreicherung in der obersten Bodenschicht festzustellen. Diese Tatsache stimmt mit der von Adamson (192, S. 137) gemachten Beobachtung überein, daß z. B. der Kali-Gehalt in den obersten 10 cm des feinkörnigen Bodens eines Buchenwaldes von Ditcham Park in Hampshire mit 0,509% beträchtlich höher liegt als der Kali-Gehalt in der anschließenden Bodenschicht (10—22,5 cm) mit 0,315%. Für die Proben 200, 300 und 100 gelten die bereits dargelegten Beziehungen. So zeigen die beiden 3-wertigen Metallbestandteile eine Abnahme mit Annäherung an den Grundwasserspiegel und die 2- und 1-wertigen Kationen eine entsprechende Zunahme. Das Grundwasser wirkt also deutlich einer Auswaschung entgegen.

Tabelle 45.

Salzsaurer Bodenauszug.
Molare Darstellung.

Nr. der Probe:	200	300	100	221	230
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	0,0857	0,0875	0,0932	0,0809	0,0874
$CaO + MgO$	0,0760	0,0827	0,1006	0,0762	0,0634
$K_2O + Na_2O$	0,0089	0.0090	0,0116	0,0112	0,0116
$CaO + MgO + K_2O + Na_2O$	0,0849	0,0917	0,1122	0,0874	0,0750
Sa. d. Metalloxyde	0,1706	0,1792	0,2054	0,1683	0,1624
Sa. d. Säureanhydr.	0,2578	0,2777	0,2921	0,2665	0,2923

Andere Einblicke in das Gefüge des Bodens vermittelt nun die Darstellung der Ergebnisse in molarer Form. (Tab. 45). Alle bisher festgestellten Beziehungen lassen sich hier deutlich wiedererkennen. Praktisch ist in allen Fällen eine Zunahme der molaren Mengen mit Annäherung an den Grundwassserspiegel zu beobachten. Während bei den obersten Schichten der Krume im Vergleich zu den tiefer liegenden die molare Summe höher liegt, können im einzelnen durchaus Verschiebungen auftreten. Ersteres ist hauptsächlich durch das Verhalten der Kieselsäure bedingt.

Von den 5 untersuchten Proben (Tab. 46) zeigen 4 ein alkalisches Molekularverhältnis, während die fünfte (Pr. 230) ein neutrales Verhältnis aufweist. Dieses Ergebnis besagt, daß der durch

Salzsäure extrahierte Komplex mit Basen vollkommen abgesättigt ist, ja in 4 Fällen sogar eine Übersättigung mit Basen festzustellen ist. Vergleicht man die Ergebnisse der ph-Messungen in KCl-haltiger Bodensuspension mit diesen Verhältniszahlen, so ergibt sich, daß nur im Fall der Pr. 230 das Ergebnis zutreffend ist. In den übrigen Fällen liegt der ph-Wert bei ungefähr 7, das Molekularverhältnis ist aber deutlich alkalisch. Ein Grund ist hierfür nicht ohne weiteres ersichtlich.

Tabelle 46.

Salzsaurer Bodenauszug.

Molekularverhältnis von Kieselsäure zu Aluminium und der Summe der II- und I-wertigen Metalle. ph-Werte (H_2O und KCl-Suspension).

Nr. der Probe	SiO_2 :	Al_2O_3 :	$M^{II}O + M^{I}_2O$	ph (H_2O)	ph (KCl)
200	4,59	1	1,20	7,28	6,78
300	4,47	1	1,19	7,15	6,92
100	4,39	1	1,25	7,20	6,90
221	4,94	1	1,39	7,20	6,75
230	4,89	1	0,99	7,22	6,68

Bezüglich der alkalischen Molekularverhältnisse führte Ganssen (1924a, S. 60) den Begriff der Überschußalkalität ein. Besonders einer durch 1-wertige Basen hervorgerufenen Überschußalkalität schreibt er eine schädliche Wirkung auf die Pflanzen zu. Bei den hier untersuchten Proben wird aber die Überschußalkalität von den viel weniger schädlich wirkenden Erdalkalien zu rund 85% bedingt. So kann also zunächst ausgesagt werden, daß die festgestellten alkalischen Molekularverhältnisse für den Pflanzenwuchs längst nicht die Bedeutung besitzen, die man ihnen zuerst wohl beimessen möchte. Immerhin bleibt die Frage offen, wodurch hier das alkalische Molekularverhältnis bedingt ist.

Bei der Nachprüfung der Theorie von Ganssen wurden mehrfach alkalische Molekularverhältnisse festgestellt, die mit den übrigen Beobachtungen nicht in Einklang zu bringen waren. So führt Lange (1926, S. 225) aus, daß die Ganssensche Theorie bei seinen Untersuchungen nicht gestattete, „diejenigen Resultate zu erzielen, welche uns der exakt durchgeführte Vegetationsversuch untrügerisch zu liefern vermochte". Vor allem konnte Lange nicht bestätigen, daß Böden mit alkalischem Molekularverhältnis unfruchtbar sein sollen. „Trotz ihres basischen Molekularverhältnisses waren aber drei der Böden – abgesehen vom Stickstoff — als fruchtbar zu bezeichnen ... Nach unseren Ergebnissen zu urteilen, wären auch Böden mit basischem bzw. stark basischem Molekularverhältnis als fruchtbar anzusehen, ohne daß deren Überschußalkalität beseitigt werden müßte." (S. 225). Gegen diese Schlußfolgerungen von Lange ist nichts einzuwenden, so lange man sich nur

an die von dem Verfasser mitgeteilten Zahlen hält. Prüft man aber die methodischen Voraussetzungen, wird der Wert seiner Ergebnisse jedoch zweifelhaft, wie Utescher (1928, S. 267 ff.) gezeigt hat. Während die Methode der Preußischen Geologischen Landesanstalt vorschlägt, den Boden 1 Stunde auf dem Sandbad mit einer Salzsäure von der Dichte 1,15 zu kochen, hat Lange mit einer Säure dieser Konzentration den Boden aber 1 Stunde lang auf dem Wasserbad behandelt. Der Siedepunkt der Salzsäure liegt späterhin bei 110°, das Wasserbad siedet bei rund 98°. Es ist klar, daß diese schonendere Behandlung des Bodens im letzten Fall auch im Endergebnis zum Ausdruck kommen muß. Wie bereits erwähnt, hat Utescher (1928) durch vergleichende Untersuchungen festgestellt, daß eine Abänderung der Versuchsmethodik sich in erster Linie bei Kieselsäure und Tonerde bemerkbar macht, in zweiter Linie für Kali und Magnesia, während Kalk, Natron und Phosphorsäure davon nicht berührt werden. Bei einer Abschwächung der Einwirkung der Säure auf den Boden muß demnach das Molekularverhältnis alkalischer werden, da die extrahierten 2- und 1-wertigen Basen im Vergleich zur extrahierten Tonerdemenge verhältnismäßig größer sind. Diese Tatsache ist mehrfach bestätigt worden, so z. B. von Utescher (1928, S. 269) und Penseler (1930, S. 13). Wie aber bereits in der methodischen Einleitung auseinander gesetzt wurde, bestehen diese krassen Unterschiede zwischen der Methode der L.-A. und der von Gedroiz nicht wie zwischen ersterer und der von Lange gewählten Methodik. Die schwächere Einwirkung bei der Methode Gedroiz wäre nur in der verkürzten Kochdauer zu erblicken.

Nun sind aber auch, wie Tacke und Arndt (1923, S. 24/25) gezeigt haben, alkalische Molekularverhältnisse möglich, ohne daß eine abweichende methodische Behandlung des Bodens dafür verantwortlich gemacht werden kann. Sie fanden ein Ansteigen des Basenverhältnisses bis auf 1 : 4,3. Die beiden Verfasser stellten dazu fest (1924, S. 156), daß ein alkalisches Molekularverhältnis noch keinen Schluß auf die alkalische Reaktion des Gesamt-Bodens zuläßt, „weil saure Humusstoffe, die nachweislich in derartigen Böden (die Verfasser untersuchten schwere Marschböden) vorkommen können, eine etwa durch die mineralischen Bodenbestandteile bedingte alkalische Reaktion unter Umständen aufheben oder sogar in ihr Gegenteil umändern“ können. Tacke und Arndt prüften nachträglich noch die Reaktion der von ihnen analysierten Böden im KCl-Auszug und fanden bestätigt, daß „von einer irgendwie nennenswerten alkalischen Reaktion ... auch bei den Böden mit dem Verhältnis $3:1 > 1$ nicht die Rede sein“ kann (1924, S. 157). Die Entgegnung von Ganssen bezieht sich nun einmal darauf (1924 a, S. 57), „daß das Molekularverhältnis als Indikator für die Düngebedürftigkeit des Bodens an Nährstoffbasen wird dienen können“.

da die chemische Natur der Überschußalkalität aufgeklärt werden kann (1924 a, S. 60) und die Düngebedürftigkeit des Bodens an sauren Stoffen festgestellt werden kann. Diese Frage kann hier natürlich nicht geklärt werden, da die Durchführung eines exakten Vegetationsversuches dazu unerläßlich ist. Die Behauptung von Tacke und Arndt über den Einfluß der sauren Humusstoffe auf die Bodenreaktion ist nach Ganssen (1924 b, S. 164) jedoch unhaltbar, da in einem Boden nie zeolithische Kolloide mit neutralem Molekularverhältnis existieren können, wenn derselbe absorptiv ungesättigte Humuskolloide enthält. An gleicher Stelle (S. 164) bringt Ganssen auch zum Ausdruck, daß dem Humus überhaupt nur ein geringer Einfluß einzuräumen ist. Aus den Ergebnissen einer größeren Anzahl von Bodenuntersuchungen wird festgestellt, „daß die Höhe des Humus-Gehaltes der Ackerkrume auf die Menge der gebundenen Basen ohne sichtbaren Einfluß ist", obwohl die untersuchten Böden Schwankungen im Humus-Gehalt von 1,17% bis 7,62% aufwiesen. Maßgebend ist allein der jeweilige Gehalt des Bodens an salzsäurelöslicher Tonerde.

In einer späteren Arbeit geht Ganssen (1926/27, S. 334) auf die Bedeutung des Humus für das Molekularverhältnis näher ein und gibt zu, „daß die Gele der freien Humussäuren eine gewisse Mengen Basen, z. B. Kalk zu binden vermögen, der unter günstigen Umständen — bei Berührung mit Kalziumkarbonat oder bikarbonathaltigem Wasser und bei geringer Durchwaschung mit Wasser — auf ca. 4—5% des lufttrockenen Produkts steigen kann". Die Möglichkeiten, die Ganssen hier für die Basenbindung an Humus anführt, sind an den von mir untersuchten Standorten vorhanden. Der Boden ist karbonathaltig, das Grundwasser bikarbonatreich und die schwache Durchwaschung des Bodens ergibt sich aus den in der Hallenser Gegend geringen Niederschlagsmengen. Ganssen fügt allerdings hinzu (S. 335), daß bei den meisten Böden „der Anteil der Basen . . ., die nach Aufrechnung auf das $SiO_2 - Al_2O_3$-Gemisch als durch Humussubstanzen gebunden zu denken sind, nur unbedeutend" ist. Die Bedeutung der Humussubstanzen liegt vielmehr darin, daß sie den Übergang der Nährstoffe von dem verwitterten Silikat bis zur Aufnahme durch die Pflanzen regulieren und vermitteln. Durch Hydrolyse wird dabei die Bodenreaktion nach der neutralen Seite hin verschoben. Bis zu einem Humus-Gehalt der Böden von 8% ist die Molekularverhältnis-Theorie zutreffend, wenn gleichzeitig der tonerde-silikatische Anteil der Böden eine gewisse Höhe erreicht. Sieht man sich die erhaltenen Analysen-Ergebnisse der Böden der Rabeninsel von diesem Gesichtspunkt aus an, dürfte eine Korrektur der Ergebnisse unnötig sein, da alle Böden reich an salzsäurelöslicher Tonerde sind und außerdem der Humus-Gehalt in 3 Fällen nicht über 8% steigt (Tab. 51).

Hissink (1925, S. 144/145) hat nun eine Methode beschrieben, nach der der Gehalt der Humussubstanzen wenigstens annähernd berechnet werden kann. Hierzu ist zunächst der Humus-Gehalt der Böden nach der Vorschrift von Hissink (1925, S. 144; 1929, S. 20) berechnet worden. Da diese Zahlen (Tab. 52) sogar noch höher liegen, als die mit Hilfe des Umrechnungsfaktors 2 (Näheres hierüber später) gewonnenen, wurde aus beiden Werten ein Mittelwert gebildet. Die Berechnung geschah dann weiter in der Weise, daß bei ph 6 4% CaO, bei ph 7 5% CaO als austauschbar angenommen wurden (Hissink 1925, S. 145). Hierbei ergab sich nun, daß der Gehalt der Humussubstanz an austauschbarem Kalk doch recht beträchtlich ist. Schaltet man bei der Betrachtung die Proben 221 und 230 zunächst aus, da ihr Humus-Gehalt über 8% liegt, so erhält man als austauschfähigen Kalk der Humussubstanz 0,25%—0,38%, was für die 3 Proben 200, 300 und 100 44%, 32% bzw. 26% des gesamten durch Salzsäure ausgezogenen Kalkes nach Abzug der äquivalenten Mengen für Kohlensäure und Phosphorsäure ausmacht. Wird nun das Molekularverhältnis erneut berechnet, ergeben sich Zahlen, die erheblich näher an dem Wert 1:1 liegen, nämlich 1:1,06; 1:1,08 und 1:1,17. Diese Werte können durchaus als im Sinne der Ganssenschen Theorie liegend aufgefaßt werden.

Aber auch dann, wenn diese Interpretation der Ergebnisse für die Proben 200, 300 und 100 nicht möglich sein sollte, lassen sich die Ergebnisse für die Molekularverhältnis-Theorie doch im positiven Sinne auswerten. Bei Besprechung der Ergebnisse von Tacke und Arndt (1923) über die neutralen Böden, die beim Feldversuch auf Zufuhr von Dünger nicht mit Mehrerträgen reagierten, schreibt Ganssen (1924a, S. 62): „Diese annähernd neutralen Böden enthalten keinen oder nur geringen Überschuß an Alkalität, der im Höchstfall 0,2 Mol auf 1 Mol Al_2O_3 beträgt. Dieser geringe Überschuß wird überdies noch durch einen zwischen 5—6 Mol SiO_2 (auf 1 Mol Al_2O_3) betragenden Kieselsäure-Gehalt gemildert". Ähnliches trifft auch für die untersuchten Proben 200, 300 und 100 zu. Der Basenüberschuß beträgt 0,19—0,25 Mol. Ebenso ist der Kieselsäure-Gehalt weit höher als die erforderliche Mindestmenge von 3 Mol, nämlich 4,39—4,59 Mol. Ich bin aus diesen Gründen der Ansicht, daß die erhaltenen Ergebnisse — auch ohne die Korrektur durch den austauschbaren Kalk der Humusstoffe — eine Bestätigung der Ganssenschen Theorie bringen. Bei anderer Auffassung ist aber immerhin noch auszusagen, daß die erhaltenen Ergebnisse keinerlei Beweis gegen die Richtigkeit der Molekularverhältnis-Theorie darstellen.

Es kann das unkorrigierte leicht alkalische Molekularverhältnis auch davon herrühren, daß der Boden unverwitterte kristalline Silikate enthält, die durch kochende Salzsäure aufgeschlossen wer-

den. Nähere Aussagen lassen sich jedoch hierüber nicht machen, da die Böden mineralogisch nicht untersucht worden sind. Es könnte aber hier durchaus ein Fall vorliegen, wie er ab und zu beobachtet wird und wie ihn U t e s c h e r (1929, S. 269) von einem rotbraunen Lehmboden aus Ost-Saltoun, Haddington, in extremer Ausprägung beschreibt. Dieser Lehmboden weist aus den eben erwähnten Gründen ein stark alkalisches Molekularverhältnis bei neutraler Reaktion (ph 6,6) des Gesamt-Bodens auf.

Schließlich wäre noch darauf hinzuweisen, daß G a n s s e n und seine Mitarbeiter ihre Ergebnisse hauptsächlich bei Untersuchungen diluvialer Böden gewonnen haben, die gleichzeitig landwirtschaftlich genutzt wurden, während hier alluviale Böden zur Untersuchung vorlagen, die durch kulturelle Maßnahmen wenig beeinflußt worden sind und werden. Vielleicht liegt auch in dieser Tatsache mit eine Erklärungsmöglichkeit für das leicht alkalische Molekularverhältnis der analysierten Böden.

Die Proben 221 und 230 nehmen wegen ihres Humusreichtums eine Sonderstellung ein, da die bei derartig humusreichen Böden gewonnenen Ergebnisse Abweichungen von der G a n s s e n schen Theorie zeigen können. Sie sind aus diesem Grunde in die obige Besprechung nicht mit einbezogen worden. Daß hier höchstwahrscheinlich Unregelmäßigkeiten vorliegen, geht daraus hervor, daß beide Proben in ihren Werten für das Verhältnis der Summe der Basen zur Tonerde weit auseinander liegen, während für die Kieselsäure die Verhältnisse bei beiden Proben sehr nahe beieinander liegen. Auch der ph-Wert zeigt bei beiden Proben praktisch keine Differenzen Die beiden entsprechenden Proben 200 und 300 weisen dagegen engste Übereinstimmungen sowohl im Molekurlarverhältnis als auch im ph-Wert auf. Es kann daher mit großer Wahrscheinlichkeit angenommen werden, daß diese Unregelmäßigkeit bei den Proben 221 und 230, wie bereits angedeutet wurde, auf den hohen Humus-Gehalt derselben zurückzuführen sind. Bringt man wieder in der oben beschriebenen Weise den austauschbaren Kalk des Humus in Abzug, so zeigt die Pr. 221 eine deutliche Verschiebung des Molekularverhältnisses nach dem neutralen Wert hin. Die sich danach ergebenden Werte von 1 : 1,17 (Pr. 221) und 1 : 0,84 (Pr. 230) haben dann beide die gleiche Abweichung vom Wert 1 : 1,00 und können noch durchaus als neutral angesehen werden. Es ergibt sich danach also selbst bei den humusreichen Proben noch eine leidliche Übereinstimmung mit den Befunden der Molekularverhältnis-Theorie von G a n s s e n.

An Hand der von G a n s s e n und seinen Mitarbeitern gemachten Beobachtungen und aufgefundenen Gesetzmäßigkeiten lassen sich noch eine Reihe von weiteren Aussagen über die untersuchten Böden machen. Der hohe Gehalt der Böden an salzsäurelöslicher Tonerde deutet auf ein reichliches Vorkommen kol-

loidaler Aluminat-Silikate bzw. auf Gemenge von Aluminium-Kieselsäuregele im Boden hin. Diese austauschfähigen Gelgemenge bezeichnet von Sigmond (1915, S. 171) als die „Kammerräume der Nährstoffe". „Ist diese Kammer gut ausgebaut, mit erwünschten Nährstoffen gut gesättigt und vor der ausraubenden Wirkung der Bodenauslaugung gut geschützt, so ist auch der Boden für die Pflanzenernährung reich." Hier ist dasselbe ausgedrückt, was auch Ganssen betont, daß nämlich ein Boden für die Pflanzenernährung dann günstige Eigenschaften aufweist, wenn der salzsaure Bodenauszug ein neutrales Molekularverhältnis bei hohem Tonerde-Gehalt und genügendem Überschuß von Kieselsäure erkennen läßt, da „die ... durch HCl zersetzlichen kolloidalen zeolithischen Silikate als die eigentlichen Träger der Bodennährstoffe und damit der Bodenfruchtbarkeit anzusehen sind" (Ganssen 1924 b, S. 169).

Mit Hilfe der salzsäurelöslichen Tonerde des Verwitterungskomplexes A ist auch eine Klassifikation der Bodenarten möglich, die sicherer ist als eine Einteilung auf Grund der Schlämmanalyse eines Bodens, wie Utescher (1933, S. 234/35) nachgewiesen hat, weil durch rein mechanische und physikalische Vorgänge „die kleinsten Korngrößen ... in viel höherem Maße vertreten sein können, als dem Verwitterungszerfall durch Hydratation entspricht" (S. 237). Utescher hat dabei das ältere von Ganssen gegebene Einteilungsschema voll und ganz bestätigen können und dasselbe in einigen Punkten erweitert. Alle Böden, die einen Gehalt von mehr als 4% salzsäurelöslicher Tonerde zeigen, werden zu den tonigen Böden gestellt. Die von mir untersuchten Böden weisen sämtlich einen Tonerde-Gehalt von über 5% bis fast 6% auf. Auch die Schlämmanalyse konnte bestätigen, daß es sich hier schon um recht schwere Böden handelt.

Diese Werte (vgl. Tab. 40) stimmen gut mit den von Utescher für einen schweren Auelehm (Analysennummer 11.423 bei U.) und einen alluvialen Tonboden (Analysennummer 11.210 bei U.) mit 4,10% Humus angegebenen Zahlen überein. Diese Böden weisen einen Tonerde-Gehalt von 5,19% bzw. 5,77% auf (Utescher 1933, S. 235). Alluviale Böden mit einem höheren Gehalt an Tonerde führt Utescher nicht an. Er betont noch ausdrücklich, daß die Einteilung der Böden auf Grund der salzsäurelöslichen Tonerde unabhängig davon ist, „ob das Material tertiären, diluvialen oder alluvialen Alters ist". Also auch für diesen Punkt ergeben die vorliegenden Untersuchungen eine Bestätigung des Ganssenschen Schemas.

Während die bisherigen Betrachtungen in der Hauptsache von rein bodenkundlichen Gesichtspunkten ausgingen, sollen nun die Ergebnisse von der mehr praktischen Seite angesehen werden, indem versucht werden soll, den Nährstoffvorrat der untersuchten Böden zu charakterisieren. Wie schon eingangs ausgeführt wurde, herrscht

keineswegs Einstimmigkeit über die Auswertung des salzsauren Bodenauszuges als Nährstoffanalyse. Von einzelnen Seiten wird die Möglichkeit bestritten, das Nährstoffkapital mit Hilfe des salzsauren Auszuges überhaupt ermitteln zu können, während andere diese Frage im positiven Sinne beantworten. Der ganze Fragenkomplex soll deshalb hier unberührt bleiben. Es sollen nur die Äußerungen aus der Literatur herangezogen werden, die sich ja auf Erfahrungen aus der Praxis stützen, obgleich auch hier den Angaben der einzelnen Autoren von vielen Seiten widersprochen wird. Die Frage soll daher so gestellt werden: kann aus den Ergebnissen des salzsauren Bodenauszuges auf eine ausreichende Versorgung der Pflanzen mit den einzelnen Nährstoffen geschlossen werden? Die Beantwortung der Frage ist insofern erleichtert, als die Fruchtbarkeit von Aueböden bekannt ist. Es kann deshalb von vornherein angenommen werden, daß die Zahlen für den Nährstoffgehalt des Bodens fast durchweg den in der Literatur angegebenen oberen Grenzzahlen entsprechen werden. Schneidewind (1928, S. 185) gibt folgende Bezeichnungen für den Nährstoff-Gehalt der Böden: N reich über 0,15%, P_2O_5 reich über 0,15%, K_2O reich über 0,25% (Angabe nach Maercker), CaO reich über 0,35% bei schweren Böden (nach D. Meyer). Die Angaben für Stickstoff und Phosphorsäure beziehen sich auf den Gesamtgehalt. Die Werte für K_2O sind mit 10prozentiger HCl als Lösungsmittel gewonnen worden. Die Tab. 74 (N) sowie Tab. 28 (P_2O_5) zeigen, daß die entsprechenden Werte weit über den als obere Grenze angegebenen Zahlen liegen (0,29—0,55 bzw. 0,92% für Stickstoff; 0,25—0,36% für Phosphorsäure). Tab. 40 läßt einen dreimal höheren Kali-Gehalt für die untersuchten Böden erkennen (0,70—0,87%). Wenn auch hier das Lösungsmittel 20prozentige Salzsäure war, so steht doch außer Zweifel, daß 10prozentige Salzsäure mehr als 0,25% Kali aus dem Boden herausgelöst hätte. Für Kalk bezieht sich der bei Schneidewind angegebene Wert auf den Bodenauszug mit 10prozentiger Ammoniumchloridlösung. Die entsprechenden Werte sind in Tab. 49 enthalten. Das Lösungsmittel war hier 0,05 n Salzsäure, die nach Gedroiz (1926, S. 125) der Wirkung normaler Ammoniumchloridlösung (5,35prozentige Lösung) gleich zu setzen ist. Die Zahlen liegen weit über dem Wert 0,35% und betragen 0,92—1,25%, wobei bei diesen Werten die Mengen für Kalziumkarbonat noch nicht berücksichtigt sind, die auch noch 1,14—1,95% (vgl. Tab. 48) ausmachen. Es erweisen sich also die vorliegenden Böden als außerordentlich nährstoffreich; denn da die hier gewonnenen Werte die angeführten Grenzzahlen weit überschreiten, ist dieser Schluß ohne weiteres berechtigt. Es wird deshalb auch oft betont, daß der salzsaure Bodenauszug an sich keine Nährstoffanalyse darstellt außer in extremen Fällen, die zwar in der Praxis des Landwirtes selten auftreten, hier aber einmal vorhanden sind. Nach den Befunden

von Ganssen (1924a, S. 64) ist der Kali-Gehalt der untersuchten Böden mit 0,14—0,16 Mol K_2O ebenfalls als reichlich anzusprechen. Ganssen sieht 0,11—0,14 Mol Kali auf 1 Mol Tonerde im sauren Bodenauszug als ausreichend an.

Ein Vergleich der vorliegenden Ergebnisse der hier untersuchten Böden mit solchen von schweren und ertragreichen Böden läßt in jedem Fall deutlich den Nährstoffreichtum der Aueböden erkennen, was besonders hinsichtlich des Kalis als wichtigem Pflanzennährstoff zum Ausdruck kommt. [Vgl. die Arbeiten von Engels (1914), Leopold (1910), Hohenstein (1919)].

Tabelle 48.

Gehalt der Bodenproben an Ca- und Mg-Karbonat.

Gewichtsprozente.

Nr. der Probe	$CaCO_3$	$MgCO_3$
200	1,28	0,50
300	1,14	0,98
100	1,95	1,34

Besonderes Interesse beansprucht wieder die Analyse des alluvialen Bodens der Luppeaue von Höft (1889) (Tab. 29). Die Methodik dieses Autors weicht von der heute gebräuchlichen ab; denn es „wurden etwa 2 g Feinerde 24 Stunden mit 100 ccm conc. HCl unter allmählichem Zusatz der Säure auf dem Wasserbad behandelt und die in Lösung gegangenen Stoffe bestimmt" (S. 9). Ackerkrume und Untergrund zeigen wie bei der Bauschanalyse nur geringe Unterschiede. Die absoluten Werte für Tonerde und Eisenoxyd stimmen mit denjenigen der von mir untersuchten Böden gut überein (vgl. Tab. 40), während die Werte für Kalk, Magnesia und Kali in meinem Fall höher liegen. Eine merkwürdige Ausnahmestellung nimmt das Natron ein. Höft findet hier im salzsauren Auszug 1,01—1,11% Natron, während bei meinen Böden der Gehalt nur 0,09—0,17% beträgt. Gründe für diese auffallenden Differenzen können nicht angegeben werden. Die Ähnlichkeit der Analysen-Ergebnisse von Höft mit den Werten der Tab. 40 ist aber dennoch unverkennbar, besonders wenn wieder der Prozentsatz der extrahierten Stoffe bezogen auf die Bauschanalyse berechnet wird. Bei Tonerde und Eisen sind 28,4—36,0% extrahiert worden. Kalk und Magnesia fallen bei dem Vergleich ab, während Kali und Natron höher liegen als in Tab. 42. Sowohl dieser eben angeführte Vergleich als auch derjenige mit den Analysen ostdeutscher Schwarzerden von Hohenstein (1919) zeigt, daß beim salzsauren Bodenauszug ungefähr $^1/_3$ des Aluminiums und $^4/_5$ des Eisens in Lösung gehen. Ob hier ein irgendwie gesetzmäßiges Verhalten schwerer Böden vorliegt, kann natürlich ohne nähere Untersuchungen nicht entschieden werden.

Siegrist und Gessner (1925) haben sich bei ihren Untersuchungen das Ziel gesetzt, den Verlauf der Bodenbildung bzw. der Verwitterung bei Böden der Tessin-Auen zu untersuchen. Die Verfasser rechnen die von ihnen untersuchten Böden zu den Braunerden. Ihre Analysen zeigen aber deutlich, daß die weitere Entwicklung zu einem Podsolboden führen muß, zumal in dem untersuchten Gebiet die jährliche Niederschlagssumme 1388—1910 mm beträgt. Das Muttergestein stellen die bei Hochwasser frisch angeschwemmten Sande dar. Die fortschreitende Verwitterung drückt sich rein äußerlich in einer Veränderung der Farbe des Bodens aus. „Mit Zunahme der Verwitterung tritt dann allmählich die rote Farbe des Eisens hervor, die Böden beginnen braun zu werden und die ältesten Terrassen zeigen eine ausgesprochen schokoladebraune Färbung. Beim Glühen dieser braunen Böden wird die Farbe dunkel indisch-rot (Farbe des Laterits), wie sie auch beim Glühen der eisenführenden Schichten der Podsolböden auftritt" (S. 131/132). Diese Schilderung trifft auch auf die von mir untersuchten Böden zu. Sie sind ebenfalls von schokoladebrauner Farbe, und der geglühte Boden besitzt die charakteristische Lateritfärbung. Die Bodenentwicklung in den Tessin-Auen, die von frisch angeschwemmtem, hellgrauem Sand (Grupep I) über bereits angewittertem älteren, dunkelgrauen Sand (Gruppe II) und stärker verwittertem hellgrauen bis bräunlichen Sandboden (Gruppe III) zum stark verwitterten schokoladebraunen, bereits in Kultur genommenem Boden (Gruppe IV) führt, ist bereits charakterisiert durch „die starke Humusanreicherung, die deutliche Kalk- und die schwächere Magnesiumauswaschung im Endstadium des Verwitterungsprozesses" (S. 133). Gleichzeitig damit verschiebt sich, sobald das Kalziumkarbonat aus dem Boden so gut wie verschwunden ist, der ph-Wert nach der sauren Seite. Sollen die von mir untersuchten Böden einer dieser vier Gruppen zugeteilt werden, um ihren Entwicklungszustand annähernd festzulegen, so steht als negatives Ergebnis zunächst fest, daß sie nicht zu der ersten oder zweiten Gruppe gehören. Die Böden der Gruppe III unterscheiden sich durch ihre deutlich braune Färbung von denen der zweiten Gruppe. Die Verwitterung der eisenhaltigen Mineralbestandteile des Bodens hat also bereits in vollem Umfange eingesetzt. Eine Auswaschung von Eisen (Podsolierung) ist noch nicht zu bemerken, und der Kalk-Gehalt reicht noch aus, um das bei der Verwitterung frei werdende Eisen auszufällen. In vielen Fällen kann aber eine beginnende Kalkauswaschung festgestellt werden. Der Humus-Gehalt der Böden der Gruppe III schwankt bereits zwischen 3 und 5%. Diese Böden der Tessin-Auen werden teils als Viehweiden, teils als Kulturland benutzt. Die Böden der Gruppe IV sind das „Endglied des beobachteten Verwitterungsverlaufes" (S. 138). Diese stark verwitterten schokoladebraunen Böden sind sehr karbonatarm und mitunter auch schon karbonatfrei und liegen „meist

wesentlich über dem Grundwasser bzw. mittleren Sommerwasserstand". In der Regel sind sie in Kultur genommen. Hier ist schon eine Eisenauswaschung festzustellen, was einer beginnenden Podsolierung dieser Böden gleich kommt. Typische Podsolböden konnten aber die genannten Verfasser in den Tessin-Auen nicht beobachten. Für Böden der Gruppe IV geben Siegrist und Gessner (S. 138) einen durchschnittlichen Gehalt an Kalziumkarbonat von 0,5% an. Es geht aus ihren Angaben nicht ganz klar hervor, ob die Zahlen für Kalziumkarbonat (z. B. Tab. II auf S. 136) das Kalziumkarbonat allein betreffen oder ob der Gesamtkohlensäure-Gehalt der von ihnen untersuchten Böden auf kohlensauren Kalk umgerechnet worden ist, ohne das Magnesiumkarbonat gesondert zu berücksichtigen. Wahrscheinlich sind die Verfasser den letzteren Weg gegangen. Bei den Proben 200, 300 und 100 (vgl. Tab. 48) beträgt die Summe von Kalzium- und Magnesiumkarbonat 1,78—3,29%, also weit mehr als die Böden der Gruppe IV durchschnittlich enthalten. Die Humusgehalte der Gruppe IV liegen auch höher als bei den hier vorliegenden Böden (7,4—14,9% gegenüber 4,4—6,7%). Viel besser stimmen mit letzteren Böden dagegen diejenigen der Gruppe III in den Humuswerten überein (2,6—5,5%). Die Karbonatwerte liegen bei ihnen im allgemeinen höher (4,6—14,9% Kalziumkarbonat). Aus allen diesen Erörterungen ist ersichtlich, daß die Böden der Rabeninsel eine Mittelstellung zwischen den Böden der dritten und vierten Gruppe einnehmen, jedoch der Gruppe III näher liegen als den Böden der Gruppe IV. Es stimmt diese Feststellung auch gut mit den sonstigen analytischen Ergebnissen überein, indem die hier untersuchten Böden einen gut ausgebildeten Verwitterungskomplex aufweisen, der Kali-Gehalt mit 0,70—0,84% noch recht beträchtlich ist und das Verhältnis CaO : MgO den Wert 1 noch nicht unterschreitet. Auch der ph-Wert weist noch einen annähernd neutralen Wert auf. Man kann auch nicht sagen, daß die Böden der Rabeninsel wesentlich über dem Grundwasser oder dem mittleren Sommerwasserstand liegen. Überschwemmungen durch Flußwasser treten zwar infolge von Flußregulierungen und Erhöhungen der Uferböschungen der Rabeninsel nur noch selten auf, jedoch sind besonders am Mentha-Standort Überflutungen durch aufsteigendes Grundwasser häufig.

Es ist Siegrist und Gessner zuzustimmen, wenn sie diese Böden und auch noch diejenigen der Gruppe IV zu den Braunerden rechnen und nicht, wie es Glinka (1914, S. 96) tut, zur Gruppe der podsoligen Böden stellen. Siegrist und Gessner schließen sich dabei dem Standpunkt von Ramann (1918, S. 79) an. „Wir glauben mit Ramann auch nicht, daß Braunerden ohne weiteres mit dem B-Horizont der Podsolböden verglichen werden dürfen, da keine Einschwemmungen an Eisen stattfinden. Dagegen zeigen die vorliegenden Analysen, daß Braunerden in Podsol übergehen können.

In Böden mit weniger intensiver Humusbildung und weniger Niederschlägen ist doch die Möglichkeit da, daß typische Braunerde (Auswaschung der leichter löslichen Salze, keine Eisenauswaschung) als Endprodukt der Verwitterung entsteht" (Siegrist und Gessner 1925, S. 138). Auch ich möchte mich dieser Ansicht anschließen.

Recht groß ist die Ähnlichkeit der untersuchten Aueböden mit 6 von Krische (1929, S. 439) analysierten ägyptischen Böden des Nildeltas, wie schon bei der Besprechung der Ergebnisse der Bauschanalyse festzustellen war. Der Rückstand des salzsauren Bodenauszuges machte bei den ägyptischen Böden 56,20—59,46% aus (58,73—64,07% bei den Rabeninselböden). Auch bei den folgenden Angaben sind jedesmal die Ergebnisse der von mir untersuchten Böden in Klammern beigefügt. Für Kalk liegen die Werte der Nildeltaböden gegenüber den der Aueböden etwas zu hoch mit 2,00—6,30% (1,76—2,43%). Die Werte für Kali mit 0,64 bis 0,90% (0,70—0,84%) und Phosphorsäure mit 0,14—0,27% (0,19 bis 0,22%) entsprechen dagegen den von mir gefundenen Werten genau. Auffallend ist die Stickstoffarmut der ägyptischen Böden. Sie besitzen nur 0,06—0,087% Stickstoff (0,29—0,63%). Da bei diesen Vergleichen wesentlich neue Erkenntnisse nicht gewonnen werden, sei auf eine Darstellung der Analysen von Krische im einzelnen verzichtet.

Für den Nährstoffbedarf der Waldvegetation stellt Valmari (1921, S. 27) fest, daß der „Phosphorsäure- und Kalibedarf der Waldvegetation im Vergleich zu dem Bedürfnis der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen sehr gering ist, wogegen die betreffenden Beträge für Stickstoff und Kalk zu derselben Größenordnung gehören". Somit kann festgestellt werden, daß bei den vorliegenden Böden Kali und Phosphorsäure in ausreichendem Maße vorhanden sind, auch können die Böden als genügend kalkhaltig bezeichnet werden. Als wichtigster Wachstumsfaktor kann wohl der Stickstoff angesehen werden, der in der Landwirtschaft eine ähnlich bestimmende Rolle spielt. Wenn auch meine Untersuchungen über den im Boden vorhandenen mineralisierten Stickstoff, auf den es ja hierbei besonders ankommt, nicht immer sehr reiche Mengen erkennen ließen, so liegt dies — wie später näher ausgeführt werden soll — in der Auswaschung und dem Verbrauch dieser Verbindungen durch die Vegetation begründet. Das Vorhandensein üppiger nitrophiler Vegetation an den untersuchten Standorten zeigt an, daß auch dieser Wachstumsfaktor sich nicht im Minimum befindet. Es kann somit erneut festgestellt werden, daß hier Böden vorliegen, die mit allen für die Pflanzenernährung wichtigen Stoffen ausreichend versorgt sind.

Zu erwähnen bliebe noch das Verhältnis von CaO : MgO. Es liegt, wie sich aus den Werten der Tab. 40 berechnen läßt, zwischen 0,97 : 1 und 1,73 : 1. Nach Loew (1925) weisen fruchtbare Böden

Kalkfaktoren von 1:1 bis 3:1 auf. Auch Engels (1926) ist gleicher Meinung. Die Lehre vom Kalkfaktor ist von vielen Seiten kritisiert und ihre Berechtigung bestritten worden. Aber ganz abgesehen davon, ob die Ansicht von Loew oder die seiner Kritiker zutreffend ist, bleibt festzustellen, daß jedenfalls im Sinne von Loew die Böden der Rabeninsel ein günstiges Kalk-Magnesia-Verhältnis zeigen.

3. „Zeolith"- und „Humat"-Basen.

Gedroiz (1926, S. 117) nennt „denjenigen Bodenkomplex, der aus Alumosilikatverbindungen und Humusstoffen (und auch mineralorganischen Verbindungen) besteht und welcher bei der Berührung mit Lösungen von Elektrolyten scharf ausgeprägte Fähigkeit zum Umtausch mit den Basen zeigt, den absorbierenden Bodenkomplex; den Mineralteil des Komplexes bezeichnen wir als „Zeolithteil des Bodens" bzw. als den absorbierenden Alumosilikat-Komplex, den organischen Teil des Komplexes aber als „Humatteil" des Bodens ...". Gedroiz behält trotz aller Mängel die Bezeichnung „Zeolithteil" bei, „da die Bezeichnung wenigstens einen Grund — den historischen — für sich hat" (S. 117).

Tabelle 49.

„Zeolith"- und „Humat"-Basen.

Werte bezogen auf 100g absolut trockenen Boden.

	200	300	100
a) Darstellung als Metalloxyde. (Zahlenangabe: mg)			
CaO	924	990	1251
MgO	66	76	110
K_2O	55	51	44
Na_2O	40	36	34
b) Darstellung als Milligramm-Aequivalente.			
Ca^{II}	32,96	35,31	44,62
Mg^{II}	3,27	3,77	5,46
K^{I}	1,17	1,08	0,93
Na^{I}	1,29	1,16	1,10
Summe:	38,69	41,32	52,11

Für die Untersuchung des absorbierenden Bodenkomplexes wurde die Methode von Gedroiz (1926, S. 125 ff.) der Verdrängung der absorbierten Basen durch das Wasserstoffion aus technischen Gründen gewählt. Es wurden nur die tieferen Schichten der Krume untersucht, weil sich hier die Zone der größten Wurzelverbreitung der an den Standorten wachsenden Pflanzen befindet. Wie die Zahlen (Tab. 49) erkennen lassen, ist die Summe der aus-

tauschbaren Basen mit 39—52 Milli-Äquivalenten recht hoch. Diese Werte laufen parallel mit den Ergebnissen des salzsauren Bodenauszuges, indem jedesmal dem Boden mit dem reichsten Verwitterungskomplex auch die größte Menge an austauschbaren Basen entspricht. Der Gehalt steigt hier wie dort mit der Annäherung an den Grundwasserspiegel. Diese Parellität mit den Ergebnissen des salzsauren Bodenauszuges ist hier allein durch die 2-wertigen Kationen bedingt, unter denen der Kalk die beherrschende Stellung einnimmt. Die 1-wertigen Basen zeigen dagegen mit Annäherung an den Grundwasserspiegel eine Abnahme. Es ist schwierig zu entscheiden, worauf diese Tatsache zurückzuführen ist. So kann das Grundwasser als austauschende Elektrolytlösung gewirkt haben; denn auch Kalzium- und Magnesiumsalze, die im Grundwasser reichlich vorhanden sind (vgl. Tab. 50), können aus vorhandenen Bindungen Kalium- und

Tabelle 50.

Grundwasseranalyse.

Eindampfrückstand: 1,7712 g
Glührückstand: 1,7032 g
Glühverlust: 0,0680 g

	mg in 1000ccm	
Ca	407,9	
Ca (temp.)		127,4
Ca (perm.)		280,5
Mg	65,3	
Mg (temp.)		0,9
Mg (perm.)		64,4
K	5,4	
Na	70,2	
SO_4	679,0	
Cl	294,9	
HCO_3	394,7	
	1917,4	

Natriumionen verdrängen, wie Ehrenberg (1933, S. 84) angibt. Siegrist und Gessner (1925, S. 158) führen an, daß das Kalium mit zunehmender Verwitterung ausgewaschen wird. Weiter kann die Beeinflussung auch durch den Humatteil erfolgt sein, und endlich wäre vielleicht auch eine Schädigung des absorbierenden Bodenkomplexes durch das Grundwasser möglich (Gedroiz 1929, S. 52 ff.); jedoch reichen die vorliegenden Untersuchungsergebnisse nicht aus, um diese Frage zu beantworten.

Man kann annehmen, daß die austauschbaren Basen den Pflanzen als Nährstoffe sofort zur Verfügung stehen. Wenn auch Hissink (nach Ganssen 1926/27, S. 335) durch Versuche mit Ammoniumpermutit festgestellt hat, daß die Kieselsäure-Tonerdegele die an sie gebundenen Basen recht fest halten und für die Pflanzen

schwer assimilierbar machen, so wird „diese starke Bindung ... nun durch die Humusgele gelockert“ (Ganssen 1926/27, S. 335). Die von Hissink beobachtete Erscheinung ist in den vorliegenden Böden nicht als vorhanden anzunehmen, da sämtliche Böden sehr reich an Humusstoffen sind. Bamberg (1928, S. 126) ist vielmehr der Ansicht, daß das den Pflanzen leicht zugängliche Kalium „zum größten Teil in adsorbiertem und austauschfähigem Zustand vorhanden“ ist. Allerdings muß auch er zugeben, daß nicht alles austauschbare Kalium für die Pflanzen nutzbar ist. Wie groß dieser Teil in bezug auf die gesamte austauschbare Menge ist, kann mit den heutigen Methoden noch nicht sicher ermittelt werden. Jedenfalls wird auch hier wieder bei der Bestimmung der „Zeolith“- und „Humat“-Basen, wie schon bei dem salzsauren Bodenauszug, die bekannte Tatsache der großen Fruchtbarkeit von Aueböden quantitativ belegt.

Die Ergebnisse stimmen auch gut mit den von Hissink (1925, S. 137) gewonnenen Werten von normalen holländischen Ton- und Humusböden überein. Auf 100 Teile austauschfähiger Basen kommen hier 76—79 T. Kalk, 13 T. Magnesia, 2—3 T. Kali und 6—8 T. Natron. Bei den von mir untersuchten Böden betragen die entsprechenden Werte für Kalk 85—87 T., für Magnesia 5—6 T., für Kali 4—6 T. und für Natron 3—4 T. Hier wie dort ist die überragende Stellung des Kalkes festzustellen. Während aber bei den holländischen Böden unter den bivalenten Basen auch das Magnesium gegenüber den 1-wertigen dominiert, sind in meinem Fall die Unterschiede zwischen Magnesium und den 1-wertigen Basen ausgeglichen.

4. Organischer Kohlenstoff-Gehalt.

Es zeigt sich zunächst das so gut wie selbstverständliche Ergebnis, daß der organische Kohlenstoff-Gehalt mit der Tiefe abnimmt und gleichzeitig eine Verminderung mit Annäherung an den

Tabelle 51.

Humusbestimmung.
Gewichtsprozente

Nr. der Probe:	200	300	100	221
CO_2 org.	14,18	11,99	9,34	22,08
Humus	6,68	5,66	4,40	10,42
C org.	3,86	3,26	2,54	6,01
N	0,336	0,317	0.290	0,625
N : C	1 : 8,70	9,74	11,42	10,40

Grundwasserspiegel eintritt (Tab. 51). Die Böden sind sämtlich als stark humos zu bezeichnen, die oberste Schicht derselben sogar als

humusreich (Schucht 1930, S. 61: humos 2—5% Humus, stark humos 5—10% H., humusreich 10—15% H.). Als Humus ist dabei der organische Kohlenstoff-Gehalt multipliziert mit dem Faktor 1,724 angenommen worden. Die Ermittlung des Humus-Gehaltes unter Benutzung irgendeines Umrechnungsfaktors ist außerordentlich unsicher, da ja der Gesamtkohlenstoff-Gehalt des Bodens „abgestorbenen, unveränderten Abfallstoffen und Überresten des Pflanzen- und Tierreiches (einschließlich lebender und toter Mikroorganismen des Bodens)" sowie „organischen Bodenbestandteilen im engeren Sinne" (Maiwald 1931, S. 117) entstammt. Letztere setzen sich wieder aus Humusbegleitstoffen und echten Humusstoffen zusammen. Die echten Humusstoffe stellen allein diejenigen Substanzen dar, die den Humus des Bodens ausmachen. Ihre Bestimmung stößt heute noch auf große Schwierigkeiten. Am besten werden die echten Humusstoffe wohl mittels des Azetylbromid-Verfahrens nach Springer bestimmt. Bei der Elementaranalyse, die ich aus technischen Gründen anwandte, werden dagegen auch die Ausgangsstoffe zur Humusbildung mit erfaßt. Um den Fehler nach Möglichkeit zu verringern, wurden vor Beginn der Verbrennung sämtliche mit bloßem Auge und mit der Lupe erkennbaren unzersetzten Ausgangsstoffe wie Blattreste, kleine Würzelchen usw. entfernt.

Für die Umrechnung des erhaltenen Kohlenstoffwertes auf Humus sind nun die verschiedensten Faktoren vorgeschlagen worden. Der am meisten gebräuchliche Faktor 1,724, der zuerst von F. Schulze (1849, S. 286/7) und später auch von van Bemmelen (1891, S. 280) benutzt worden ist, ist mehrfach Gegenstand eingehender Untersuchungen gewesen. Bei Verwendung des Faktors 1,724 für C bzw. 0,478 für CO_2 ist die Annahme zugrunde gelegt, daß die humifizierten Stoffe einen Kohlenstoffgehalt von 58% aufweisen. Springer (1928a, S. 321) betont, daß „ein ganz beträchtlicher Teil der organischen Substanz aus nicht humifizierten Stoffen mit einem Kohlenstoff-Gehalt $< 58\%$ besteht", wie Zellulose (44,4% C) Ligninen (etwa 55,5% C) und Pektinstoffen (etwa 40% C). Auch Bieler und Aso (1900) kommen schon zu gleichen Feststellungen. Sie finden, daß die Elementaranalyse zu hohe Werte liefert infolge der unvermeidlichen Gegenwart von Pflanzenresten. Read und Ridgell (1922, S. 4) finden Schwankungen des Kohlenstoff-Gehaltes der organischen Substanz von 30,20% (Upshur clay, West-Virginien) bis 56,27% (Diablo clay, Kalifornien). Der Kohlenstoff-Gehalt der organischen Substanz betrug im Mittel 49,26%, der Stickstoff-Gehalt 6,24%. Die Werte entstammen der Krumenschicht der Böden. Die Verfasser vergleichen die Werte von 13 beliebig herausgegriffenen Böden mit denjenigen, die sich unter Zugrundelegung von 58% C, 49,26% C und 6,24% N ergeben. Es stellte sich heraus, daß der Umrechnungsfaktor 1,724 bestimmt zu niedrig liegt. „It is very doubtful whether the use of any arbitrary carbon

factor is justifiable. If one is to be employed more accurate results will to be obtained if it is based on 50 to 52 procent of carbon" (S. 5). Auch Springer (1928 b, S. 310) ist gleicher Ansicht und empfiehlt die Umrechnung mit dem Faktor 2. Da aber die Unsicherheit im Kohlenstoffaktor dadurch nicht beseitigt werden kann, ist es vorzuziehen, auf eine Umrechnung überhaupt zu verzichten und nur den Prozent-Gehalt des Bodens an organischem Kohlenstoff anzugeben, welche Ansicht z. B. auch Kotzmann (1928) vertritt. Nach Read und Ridgell bewährte sich noch am besten eine Umrechnung mit Hilfe des Stickstoffaktors 16,027, da hier die geringsten Abweichungen auftraten. Schollenberger (1927, S. 65) rechnet dagegen nur mit einem Stickstoff-Gehalt der organischen Substanz von 5%. Während die bisher zitierten Autoren den Faktor 1,724 verwarfen, sind Wilson und Staker (1932, S. 477) bei der Untersuchung von Torfböden des Staates New York zu einer Bestätigung der Richtigkeit dieses Faktors gekommen. Als Mittel für den Obergrund der untersuchten Böden geben sie 1,766+|0,003 an. Trotzdem die Ergebnisse bei Torfböden gewonnen worden sind, halten die Verfasser den Faktor doch für allgemein anwendbar, weil die chemische Zusammensetzung der organischen Substanz in diesen Torfböden derjenigen von Mineralböden ähnlich war. Hissink (1929, S. 20) berechnet den Humus-Gehalt aus dem Glühverlust unter der Annahme, daß die Menge Hydratwasser 6,3% des Ton-Gehaltes der betreffenden Bodenprobe beträgt. Diese Methode der Berechnung gilt jedoch nicht allgemein, sondern nach Hissink nur für die von ihm untersuchten holländischen Ton- und Marschböden. Die Beurteilung bzw. Bestimmung des Humus-Gehaltes eines Bodens aus dem Glühverlust vorzunehmen, wird heute allgemein abgelehnt. Über die dabei auftretenden Fehler sind von Wiley (1906, S. 352) und Agafonoff (1923, S. 404/06) Untersuchungen angestellt. Angenäherte Werte werden nur bei sandigen (also tonarmen) und zugleich humusreichen Böden erhalten. Aus diesem Grunde ist auch der Glühverlust als Methode zur Humusbestimmung in die Tab. 52 nicht mit aufgenommen worden, die die Ergebnisse der Humusberechnung nach den verschiedensten Methoden wiedergibt.

Es ergeben sich hier recht interessante Verhältnisse (Tab. 52), aus denen jedoch leider keine endgültigen Schlüsse gezogen werden können, da die Anzahl der untersuchten Bodenproben zu klein ist. Bei Benutzung des Stickstoffaktors 16,027 entsprechen die Werte am besten denjenigen, die mit dem Kohlenstoffaktor 1,724 erhalten worden sind, was im Gegensatz zu den Beobachtungen von Read und Ridgell (1922) steht. Dem von Schollenberger (1927) empfohlenen Stickstoffaktor 20,0 entsprechen dagegen die Werte am besten, die durch Umrechnung mit dem Kohlenstoffaktor 2,0 gewonnen worden sind. Die Abweichungen betragen im ersten Fall

entsprechend den Proben 200, 300, 100 und 221 24%, 11%, 6% bzw. 4%; im zweiten Fall 15%, 3%, 14% bzw. 4%. Im Mittel betragen die Abweichungen 11,3% bzw. 9%, was zugunsten des Kohlenstoffaktors 2,0 sprechen würde. Die Ergebnisse der Humusberechnung nach Hissink liegen auch den Werten des Faktors 2,0 am nächsten. Die Abweichungen betragen hier 7%, 4%, 1% bzw. 25%, im Mittel 9,3% und bei Auslassung des Wertes für Probe 221 4%. Es zeigt sich, daß die Abweichungen um so kleiner sind, je toniger der Boden ist. Pr. 200 besitzt den kleinsten, Pr. 100 den größten Ton-Gehalt. Der vollständig ausfallende Wert bei Pr. 221

Tabelle 52.

Humusbestimmung.

Berechnung nach verschiedenen Vorschlägen.

Nr. der Probe:	200	300	100	221	230
C × 1,724	6,68	5,66	4,40	10,42	—
C × 2,00	7,72	6,52	5,08	12,02	—
Hissink	8,23	6,79	5,15	15,03	11,04
N × 16,027	5,39	5,08	4,65	10,02	—
N × 20,00	6,72	6,34	5,80	12,50	—

als Probe der obersten Schicht des Bodens am Urtica-Standort ist einmal sicherlich auf den geringeren Ton-Gehalt und zum anderen auf den größeren Gehalt dieser Probe an nicht humifizierten Stoffen zurückzuführen. Immerhin steht fest, daß für die tieferen Schichten der Krume der untersuchten Böden die Methode nach Hissink und die Umrechnung mit dem Kohlenstoffaktor 2,0 recht gute Übereinstimmung zeigen, die am besten bei dem tonigsten Boden ausgeprägt sind; auch Hissink hatte ja mit stark tonhaltigen Böden gearbeitet. Allerdings muß hierbei betont werden, daß die Bestimmung des Ton-Gehaltes von Hissink anders vorgenommen wurde als in meinem Fall. Für die Schlämmanalyse des Bodens zur Ermittlung der Tonfraktion hatte Hissink den Boden bei hohem Humus-Gehalt schwach geglüht, mit Wasserstoffsuperoxyd nach Robinson gekocht, darauf mit kochender 0,2 n Salzsäure behandelt und mit destilliertem Wasser bis zur restlosen Entfernung der Elektrolyte abgeschlämmt. Die Fraktionen I und II, die zusammen die Tonsubstanz des Bodens ausmachen, wurden mit Ammoniak bzw. Wasser abgeschlämmt (Hissink 1925, Anm. 7). Unter Ton versteht Hissink dabei diejenigen Teilchen, deren Fallgeschwindigkeit kleiner als 0,022 cm/sec ist (Hissink 1929, S. 20). In meinem Fall wurde der Ton-Gehalt nach der Vorschrift für die Schlämmanalyse von Vageler und Alten (1931, S. 42–44) ermittelt, bei der der Boden in keiner Weise vorbehandelt, sondern die Analyse nur in 0,2 prozentiger Lithiumkarbonatlösung durchgeführt wird. Inwieweit die verschiedenartige Behandlung der Bö-

den zur Ermittlung des Ton-Gehaltes das Ergebnis der Humusberechnung beeinflußt, läßt sich natürlich ohne weitere experimentelle Untersuchungen nicht ermitteln. Es ist aber wahrscheinlich, daß die Übereinstimmung der Werte nach Hissink und der mit Hilfe des Faktors 2,0 gewonnenen Zahlen keine zufällige ist. Das Ergebnis läßt ferner als zutreffend erscheinen, daß die Berechnung nach Hissink nur bei tonigen Böden anwendbar sein wird.

Zu den Ergebnissen selbst (Tab. 51) ist nicht viel hinzuzufügen. Der organische Kohlenstoff-Gehalt fällt nach dem Mentha-Standort zu (Pr. 100) ab, d. h. Abnahme des Kohlenstoff-Gehaltes mit zunehmendem Ton-Gehalt und zunehmender Annäherung an den Grundwasserspiegel. Anders ausgedrückt zeigt das Ergebnis, daß, je feuchter der Boden, umso geringer sein Gehalt an organischem Kohlenstoff ist. Daß die obere Schicht der Krume humusreicher als die untere ist, stellt eine bekannte Tatsache dar. Auch die Beobachtung von Ramann (1911, S. 259), daß erfahrungsgemäß „bei gleichartigen Böden der Gehalt an Stickstoff der Humusmenge parallel geht", konnte in diesem Zusammenhang bestätigt werden.

„Eine genaue Bestimmungsmethode für die wirklich humifizierte Substanz kann noch nicht angegeben werden. Am besten kann man heute den Humifikationsgrad durch die Bestimmung des Verhältnisses C : N charakterisieren. In einem gut zersetzten Humus ist das Verhältnis etwa 8—12 C : N, in einem schlecht zersetzten Humus ist das Verhältnis etwa wie 20—30 C : N" (Lemmermann 1932, S. 51). Sämtliche in Tab. 51 angegebenen Werte liegen zwischen 8 und 12. (8,70—11,42). Je weiter das C/N-Verhältnis ist, umso weniger weit ist die Zersetzung der Ausgangsstoffe zur Humusbildung fortgeschritten; so zeigen abgestorbene Wurzeln, Blätter usw. ein Verhältnis, das bis auf 1 : 100 und darüber ansteigen kann. Es ist deshalb erklärlich, daß die oberen Schichten der Krume gegenüber den unteren ein ungünstigeres Verhältnis zeigen. Auch Alway und McDole (1916, S. 229/231) stellen ein Absinken des Verhältnisses mit zunehmender Tiefe in der Ackerkrume fest. Ein zu enges Verhältnis von C : N ist nach Maiwald (1931, S. 183) auch ungünstig, weil „sich wegen des relativen Stickstoffüberschusses der mineralisiert werdende Stickstoffanteil langsam ansammeln" wird, „so daß bei unbebautem Boden die Gefahr der N-Auswaschung besteht". Dies ist bei den untersuchten Böden nicht zu befürchten, weil das Verhältnis den Wert 5 : 1 nicht erreicht; der kleinste beobachtete Wert ist 8,70 : 1. Über die günstigen Auswirkungen eines C/N-Verhältnisses von rund 12 : 1 schreiben z. B. Brown und Allison (1916, S. 49): „... bacterial avtivities apparantly occur to satisfactory extent and sufficient amounts of soluble plant food are produced for good crop growth". Auch hinsichtlich ihres Humus-Gehaltes und dessen Beschaffenheit sind also die untersuchten Böden in einem guten Entwicklungs-

zustand, was durch Vergleich mit einigen Analysen (Humusberechnung unter Benutzung des Faktors 1,724) deutlich wird. So gibt von Ollech (1890) für einen alluvialen strengen Lehmboden aus Schlesien 3,6%, für alluviale Tonböden aus der Umgegend von Prag 4,1—6,2% und für Marschböden aus Oldenburg 5,2—6,0% Humus an. Kossowitch (1912) gibt als Mittelwerte von 50 russischen Schwarzerdeproben 6—10% Humus an. Hohenstein (1919, S. 23 und S. 134) findet in Schwarzerden aus Ostdeutschland 2,01—4,14% Humus. Diese Beispiele aus der Literatur mögen genügen. Sie lassen deutlich den hohen Humus-Gehalt der Böden der Rabeninsel erkennen.

Erwähnt werden soll noch, daß es sich bei den von mir untersuchten Böden um Mullerden handelt, die genau der Beschreibung von Albert (1907, S. 6) entsprechen, und bei denen „das organische Material fast vollständig verwest ist; es bleibt im anorganischen Mineralboden nur verhältnismäßig wenig und zwar gleichmäßig zersetzter Humus zurück, der den Boden so durchdringt, daß der Humus dem Boden eine einheitliche dunkelgelbe, hellbraune bis schwarze Färbung verleiht. Die Mächtigkeit von Mullerden kann weit über ½ m erreichen". Die günstige Wirkung dieser milden, gesättigten Humusstoffe für Bodengefüge, Bakterien und Pflanzenwuchs ist allgemein bekannt. Sie ist in den untersuchten Böden in vollem Umfange zu erkennen. Die Humufizierung der Ausgangsstoffe geht außerordentlich schnell vor sich. Nach der von Albert (1929) gegebenen Gliederung der organischen Bestandteile des Waldbodens in Streu, Auflagehumus und Bodenhums fehlt der Auflagehumus bei den vorliegenden Böden fast vollständig. Die Streu besteht in der Hauptsache aus abgefallenen Blättern „mit den ersten Anzeichen beginnender Humifizierung" (Maiwald 1931, S. 119). Nur eine sehr schmale Zone von Auflagehumus in der Ausbildungsform als Moder als „innerlich einheitliche, strukturlose, lockere, dunkle, erdartige Masse, entstanden durch rasche Humifizierung" leitet direkt zum Bodenhumus über „bestehend aus Resten humifizierter Wurzeln, aus Teilen des Auflagehumus, die durch Tiere oder Wasser tiefer gebracht wurden, aus Mikrobenleibern usw." (Maiwald 1931, S. 119). Auf solche Fälle weist auch Maiwald (1931, S. 119) hin, wenn er sagt: „Mancher tätige, gute Waldboden besteht fast nur aus Streu und Bodenhumus ...".

5. Gesamtstickstoff-Gehalt, Glühverlust, Kalzium- und Magnesiumkarbonat.

Der Gesamtstickstoff-Gehalt weist mit 0,290—0,924% beträchtliche Schwankungen auf (Tab. 47); aber auch der geringste Wert ist noch als hoher Stickstoff-Gehalt anzusehen. Die höchsten Zahlen

zeigen naturgemäß die allerobersten Bodenschichten (Pr. 232, 0—3 cm, 0,924%; Pr. 231, 3—7 cm, 0,870%). In den obersten 10 cm (Pr. 202, 221, 240, 230, 270, 252, 262, 210) liegen die Werte niedriger. Sie schwanken zwischen 0,438 und 0,723%. In den tiefsten untersuchten Bodenschichten endlich (Pr. 200, 201, 300, 261, 100) liegen die Werte zwischen 0,290% und 0,483%. Ob und in welchem Maße der Stickstoff-Gehalt mit der Tiefe weiter abnimmt, wurde nicht untersucht.

Tabelle 47.

Glühverlust bei ca. 1100° und 400°, Gesamt-Stickstoff.

Gewichtsprozente.

Nr. der Probe	Glühverlust 1100°	Glühverlust 400°	N
200	12,65	10,87	0,336
201	15,12	12,91	0,483
202	17,56	16,22	0,488
221	18,62	17,55	0,625
240	17,42	15,62	0,611
300	11,19	9,11	0,317
230	15,24	13,80	0,547
231	25,17	24,18	0,870
232	29,82	29,10	0,924
100	10,08	8,44	0,290
210	18,19	16,29	0,438

Auch der Glühverlust der untersuchten Böden nimmt — analog dem Verhalten des Stickstoffs — mit der Tiefe ab. Die Schwankungen in den einzelnen Bodenschichten (s. o.) betragen dabei (Tab. 47) 25,17—29,82 % (24,18—29,10 %) bzw. 18,62—15,24% (17,55—13,80%) bzw. 15,12—10,08% (12,91—8,44%). In Klammern sind die Werte für den bei 400° bestimmten Glühverlust beigefügt.

Bei einem Vergleich der einzelnen Standorte untereinander zeigt sich, daß der Gesamtstickstoff-Gehalt nach dem feuchteren und dem dem Grundwasserspiegel näherem Mentha-Standort hin abnimmt. Irgendeine Beziehung zwischen dem Glühverlust, der Differenz des Glühverlustes bei 400 und 1100° und dem Standort ließ sich nicht nachweisen. Auch zwischen der Glühverlustdifferenz (400—1100°) und der Bodentiefe lassen sich keine Korrelationen erkennen.

Für die Karbonate des Kalziums und des Magnesiums und ihre Verteilung in den einzelnen Bodenschichten ergeben sich ähnliche Verhältnisse wie beim Stickstoff-Gehalt und Glühverlust jedoch mit dem Unterschied, daß die Menge der Karbonate mit

der Tiefe und Annäherung an den Grundwasserspiegel (Mentha-Standort, Pr. 100) zunimmt.

Die Feststellung von Russel (1914, S. 194), daß der Stickstoff-Gehalt eines Bodens in enger Beziehung zum Glühverlust steht, „von dem er in der Mehrzahl der Fälle ungefähr 3% ausmacht", konnte bestätigt werden. Die Böden enthalten an Stickstoff im Mittel 3,07% $\pm$ 0,10 des Glühverlustes, so daß also unter Zugrundelegung eines $\overline{W}$ertes von 3% der Gesamtstickstoff-Gehalt für Böden der vorliegenden Art mit für die Praxis ausreichender Genauigkeit aus dem Glühverlust ermittelt werden kann.

6. ph-Wert.

Die Ausführungen über die Theorie der Molekularverhältnisse von Ganssen stützten sich zum großen Teil auf die einwandfreie Gültigkeit der ph-Werte. Die ph-Zahl wurde elektrometrisch mit der Chinhydron-Elektrode in Verbindung mit einer gesättigten Kaliumchlorid-Kalomel-Bezugselektrode mit der Apparatur von Trénel unter Verwendung eines Kapillarelektrometers bestimmt. Die Messung wurde in einer Bodenaufschlämmung sowohl in Wasser als auch in normaler Kaliumchloridlösung vorgenommen, wobei das Verhältnis von Boden zu Flüssigkeit stets 1 : 2,5 betrug. Die Bodenaufschwemmung wurde in der Schüttelmaschine 30 Minuten lang geschüttelt. Darauf wurde ein kleiner Teil (ca. 20 ccm) der Aufschwemmung abgegossen und hierzu ungefähr 0.1 g Chinhydron zugesetzt. Die Vorschrift von Lemmermann (1932, S. 59) fordert, daß die Ablesungen, die 30 und 60 Sekunden nach Zusatz des Chinhydrons vorzunehmen sind, im Höchstfalle eine Abweichung von 0,2 ph zeigen dürfen; andernfalls ist der Boden nicht geeignet, mit Chinhydron untersucht zu werden. Die untersuchten Böden haben diese Voraussetzungen sowohl bei Bestimmung des ph-Wertes in wässriger Aufschwemmung als auch in Kaliumchloridlösung erfüllt. Zugrunde gelegt sind als ph-Werte die 60 Sekunden nach Zugabe des Chinhydrons abgelesenen Zahlen.

Die Bodenaufschwemmungen wurden unter Verwendung von lufttrockenem Boden hergestellt, der bei Zimmertemperatur in einem von Säuredämpfen freien Raum getrocknet worden war. Nun sind aber die Meinungen darüber geteilt, ob bei der Bestimmung des ph-Wertes besser von naturfrischem oder lufttrockenem Boden ausgegangen werden soll. So ist Brenner (1928, S. 142) der Meinung, daß diese Frage belanglos ist, da die Bestimmung der ph-Werte bei naturfrischen und denselben lufttrockenen Proben Schwankungen ergibt, die innerhalb der Fehlergrenzen liegen. In einer weiteren Arbeit führt Brenner (1929, S. 39) eine Reihe von Autoren an, die zu gleichen Ergebnissen wie er gelangt sind.

„Die Erfahrungen dieser Forscher gehen in der Richtung, daß die Reaktion der Bodenproben sich beim Trocknen nicht oder nur unbedeutend verändert und zwar entweder bald nach der einen, bald nach der anderen, oder überwiegend nach der sauren Seite." Die Feststellungen von Aarnio und Salminen (1927) sowie von Aarnio (1928), die bei mehrmonatiger Lagerung des Bodens eine erhebliche Abnahme des ph-Wertes ergaben, werden von Brenner in der angeführten Arbeit (1929) auf methodische Fehler bei der Trocknung und Aufbewahrung der Bodenproben zurückgeführt. Aber auch Rost und Flieger (1923) stellten eine Abnahme der ph-Zahl bei längerem Lagern der Proben fest, wenn auch nicht in dem starken Ausmaße wie Aarnio. So empfiehlt auch Ganssen zur Vermeidung von möglichen Fehlern besonders bei Böden mit alkalischer Reaktion die Untersuchung im naturfrischen Zustande (1926/27, S. 170) [vgl. auch Aarnio 1930, S. 39]. Wie man sieht, sind die Meinungen über diesen Punkt geteilt. In der Zusammenstellung von Lemmermann („Methoden für die Untersuchung des Bodens" 1934, S. 1) wird diese Frage ebenfalls noch offen gelassen; denn es heißt dort: „Neben der Abhängigkeit des Reaktionswertes von dem Verhältnis Boden: Flüssigkeit sind es hauptsächlich die Änderungen, die ein Boden durch Trocknen und längeres Aufbewahren erleidet, die eine Reaktionsverschiebung bedingen. Es ist daher durchaus erforderlich, bei wissenschaftlichen Untersuchungen den Boden möglichst im naturfrischen Zustande oder, nur bei Zimmertemperatur getrocknet, möglichst bald zu messen und immer anzugeben, in welchem Zustand der Boden zur Messung gelangt". Letztere Voraussetzungen waren bei den von mir untersuchten Böden gegeben, so daß die erhaltenen Werte als einwandfrei angesehen werden können. Aber auch dann, wenn man hiermit nicht einverstanden sein sollte, sondern eine Verschiebung des ph-Wertes nach der sauren Seite annimmt, wie es bei neutralen oder alkalischen Böden vorkommen kann, werden die Beziehungen zur Molekularverhältnistheorie von Ganssen keineswegs gestört. Die dort besprochenen Verhältnisse würden sich vielmehr günstiger gestalten, da die Reaktion dann nämlich alkalischer sein würde und das Molekularverhältnis ja bereits einen leicht alkalischen Wert aufwies.

Wie aus Tab. 53 hervorgeht, liegen die ph-Werte der untersuchten Böden alle nahe beieinander. Es kommt dies am besten zum Ausdruck, wenn man den Mittelwert und den mittleren Fehler des Mittelwertes bestimmt. Es betragen die entsprechenden Werte für die wässrige Aufschwemmung $7{,}19 \pm 0{,}02$ ph und für die Kaliumchlorid-Aufschwemmung $6{,}81 \pm 0{,}10$ ph. Daraus ergibt sich, daß weder die einzelnen Schichten des Bodens, noch die verschiedenen Standorte irgendeinen Unterschied in ihren ph-Werten aufweisen. Auch die Differenzen zwischen den zwei ph-Zahlen jeder Boden-

probe lassen keine Beziehungen zu Bodentiefe oder Standort erkennen. Es wird eine Beeinflussung des Vegetationsbildes der verschiedenen Standorte durch die Wasserstoffionenkonzentration also nicht zu erwarten sein.

Tabelle 53.

ph-Werte.

Nr. der Probe	H_2O	KCl	Diff.
200	7,28	6,78	0,50
201	7,20	6,90	0,30
221	7,20	6,75	0,45
300	7,15	6,92	0,23
230	7,14	6,72	0,42
231	7,22	6,68	0,54
250	7,25	6,90	0,35
100	7,20	6,90	0,30
210	7,06	6,72	0,34
Mittelwert	$7{,}19 \pm 0{,}02$	$6{,}81 \pm 0{,}10$	$0{,}38 \pm 0{,}11$

Die Differenz zwischen den ph-Zahlen der Bodenaufschwemmung in Wasser und Kaliumchloridlösung beträgt im Mittel 0,38 $\pm$ 0,11 ph. Im ersten Fall wird die aktuelle und im zweiten Fall die latente Azidität (Austauschazidität) bestimmt. Pflanzenphysiologisch ist besonders die latente Form der Azidität von Bedeutung, die aber erst unter dem Einfluß von Neutralsalzen durch Austausch der Wasserstoffionen vor allem des Tons und der Humussubstanz in Erscheinung tritt. Die Differenz zu den Werten der aktuellen Azidität, die „nur den momentan tatsächlich herrschenden Säuregrad zum Ausdruck" bringt (Elleder 1930, S. 283), ist nun umso kleiner, je besser der Boden gepuffert ist. Dabei ist zu bedenken, daß die Messung des ph-Wertes in kaliumchloridhaltiger Suspension gewissermaßen den Wert darstellt, den ein Boden „bei seinem augenblicklichen Kalk- — besser Basen- — Zustande ... ungünstigenfalls erreichen kann" (Goy und Burow 1929, S. 438). So zeigt die geringe Differenz von 0,38 ph im Mittel, daß es sich hier um gut gepufferte Böden handelt, womit die Gewähr für eine praktische Konstanz der ph-Werte auch in verschiedenen Jahreszeiten gegeben sein dürfte. Diese Tatsache ist deswegen von so großer Bedeutung, weil alljährlich dem Waldboden durch den Laubfall große Mengen an sauren und säurebildenden Bestandteilen zugeführt werden, die nicht in der Lage sind, die Reaktion des Bodens nach der sauren Seite hin zu beeinflussen.

In Übereinstimmung mit Harper (1925, S. 553) konnte auch keine Beziehung zwischen ph-Wert und Gesamtstickstoff-Gehalt nachgewiesen werden.

So ergibt die Betrachtung der chemischen Analyse unter den verschiedensten Gesichtspunkten, daß die untersuchten Böden größte Gleichmäßigkeit in ihren Bestandteilen zeigen und bei günstigen Reaktionsverhältnissen des Bodens reich an allen für die Pflanzenernährung wichtigen Stoffen sind.

Grundwasseranalyse.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß die Böden, vor allem am Mentha- und Ranunculus-Standort, mit aufsteigendem Grundwasser häufig in Berührung kommen. Zur Vervollständigung des Bildes über die Zusammensetzung dieser Böden wurde eine Grundwasseranalyse durchgeführt. Die Grundwasserprobe wurde zur Zeit hohen Grundwasserstandes am 12. 12. 1932 am Mentha-Standort in unmittelbarer Nähe des Anfangspunktes der kurzen Taxierungslinie 7 (Tk 7, P 1) entnommen. Die gröbsten Verunreinigungen wurden abfiltriert, und die feinsten in der Wasserprobe aufgeschlämmten Bodenteilchen sind durch Zentrifugieren abgetrennt worden. Mit der so vorbereiteten Probe wurde die chemische Analyse durchgeführt.

Die Ergebnisse zeigen, daß das Grundwasser außerordentlich rückstandsreich ist (Tab. 50); es stellt eine fast 0,2 prozentige Lösung dar. Es wird dies recht anschaulich, wenn man sich vergegenwärtigt, daß z. B. die in der Physiologie gebräuchlichen Nährlösungen eine Konzentration von ungefähr 0,25% aufweisen. Wie aus Tab. 50 hervorgeht, machen Kalk, Schwefelsäure, Kohlensäure und Chlor die Hauptbestandteile der im Grundwasser gelösten Verbindungen aus. Gegenüber dem Kalk tritt Magnesium stark zurück. Von den einwertigen Metallen überwiegt das Natrium bei weitem, während das Kalium nur in verschwindend geringer Menge vorhanden ist.

Tabelle 54.

Grundwasseranalyse.

Aufrechnung des Analysenergebnisses (vgl. Tab. 50).

$Ca(HCO_3)_2$	515,4	($CaCO_3$ 318,2)
$Mg(HCO_3)_2$	5,4	($MgCO_3$ 3,3)
$CaSO_4$	952,9	
K_2SO_4	12,0	
$MgCl_2$	252,2	
NaCl	176,6	
	1914,5	

In Tab. 54 ist eine Aufrechnung der Analysenergebnisse vorgenommen worden. Eine solche Zusammenstellung der Analysenergebnisse ist natürlich nicht exakt, weil die in dem Grundwasser

gelösten Salze zum weitaus größten Teil ionisiert sind und nur ein geringer Rest in molekularer Form vorliegt. Jedenfalls ist aber die Berechnung der Analysenergebnisse auf Salze anschaulich. Ich bin dabei dem Vorschlag von Bunsen (1871) gefolgt, „Säure und Basen in der Weise zu Salzen gruppiert anzunehmen, wie diese Salze bei der Konzentration ihrer Lösung durch freiwillige Verdnustung bei einer ein für allemal angenommenen Temperatur je nach dem Löslichkeitsgrade aller denkbar vorhandenen Salze der Reihe nach für sich auskristallisieren würden". Mit großer Wahrscheinlichkeit ist anzunehmen, daß die Aufrechnung der Analysenergebnisse für die Bikarbonate und den Gips, die oft die Hauptbestandteile der im Grundwasser gelösten Salze darstellen, zutreffend ist, und somit wird man in solchen Fällen der Wirklichkeit wohl auch recht nahe kommen. Beispiele für eine derartige Aufrechnung sind bei Keilhack (1935, S. 335) und Wendel (1912, S. 21) zu finden.

Das Ergebnis dieser Aufrechnung zeigt, daß das hier untersuchte Grundwasser sehr reich an Gips und Bikarbonaten ist. Wichtig ist vor allem der Gehalt an Kalziumbikarbonat. Durch das häufige Steigen und Fallen des Grundwasserspiegels werden den oberen Bodenschichten immer wieder Kalkmengen zugeführt, die für die Vegetation besonders dadurch von Bedeutung sind, daß sie den Boden immer wieder mit Pufferstoffen versorgen und so die Möglichkeit für die Erhaltung der günstigen Bodenverhältnisse in jeder Hinsicht gegeben ist. Nach Leiningen-Westerburg (1931, S. 382), der darin mit Hesselmann und Tamm übereinstimmt, beeinflußt sauerstoffreiches und kalkhaltiges Grundwasser die Mullbildung günstig und wirkt einer Rohhumusbildung entgegen.

Es ist zu berücksichtigen, daß nur eine einzige Grundwasseranalyse durchgeführt worden ist und daraus keine Schlüsse über die Zusammensetzung des Grundwassers und dessen Einwirkungen auf den Boden usw. zu anderen Zeiten gezogen werden können. Es ist sicher, daß das Grundwasser gerade in Gebieten mit hohem Grundwasserstand, wie sie die Auenwälder darstellen, von größtem Einfluß auf Boden und Vegetation ist und es daher wichtig wäre, die Zusammensetzung des Grundwassers im Laufe des Jahres zu verfolgen.

Gesamtstickstoff, Ammoniak- und Nitratstickstoff.

Schon bei der Besprechung der Ergebnisse der chemischen Bodenanalyse wurde auf den großen Stickstoffreichtum der untersuchten Proben hingewiesen. Auch die Beziehungen zwischen Gesamtstickstoff-Gehalt und Glühverlust wurden an dieser Stelle bereits er-

wähnt. Der Grund für den Stickstoffreichtum dieser Böden ist in erster Linie darin zu sehen, daß der dem Boden durch die Pflanzen entzogene Stickstoff alljährlich nach Beendigung der Vegetationsperiode durch Laubfall und Absterben der krautigen Pflanzen immer wieder in ihn zurückgelangt. Wenn auch ein großer Gehalt eines Bodens an Gesamtstickstoff, der zum weitaus größten Teil in organisch gebundener Form vorliegt, eine ausreichende Stickstoffversorgung der Vegetation wahrscheinlich macht, kann dieser Schluß jedoch nicht mit absoluter Sicherheit gezogen werden, da die Pflanzen, von den Saprophyten abgesehen, nicht den organisch gebundenen Stickstoff aufnehmen, sondern nur den im mineralisierten Zustand vorliegenden Stickstoff verwenden können. Es ist aus diesem Grunde unerläßlich, auch Untersuchungen über den Ammoniak- und Nitratstickstoffgehalt des Bodens vorzunehmen.

So oft es möglich war, wurden deshalb Proben am Urtica-, Ranunculus- und Mentha-Standort zur Bestimmung des mineralisierten Stickstoffs wöchentlich einmal entnommen. Da eine sofortige Verarbeitung der Proben nicht vorgenommen werden konnte, wurden dieselben im Laboratorium flach ausgebreitet, um ein möglichst schnelles Trocknen an der Luft zu erreichen. Darauf wurden die Proben in gut verschlossenen Glasflaschen bis zur Untersuchung aufbewahrt, die 4—6 Wochen nach der Probenahme stattfand. Für die Bestimmung des Ammoniak- und Nitratstickstoffs wurde die von Lemmermann in den „Methoden zur Untersuchung des Bodens" (1932, Abschn. C I, 7 b und c) angegebene vereinfachte mikrochemische Methode der Wasserdampfdestillation mit Magnesiumoxyd (unter Zusatz von Arndscher Legierung bei der Nitratbestimmung) angewandt, weil es bei den Untersuchungen im wesentlichen darauf ankam, relative Unterschiede zwischen den einzelnen Standorten festzustellen.

Aus Tab. 55 ist zu ersehen, daß der gesamte mineralisierte Stickstoff zu Beginn der Beobachtungsperiode (13. 5. bis ungefähr 15. 7.) höhere Werte aufweist, die später auf einen Wert absinken, der zwischen 2 und 5 mg Stickstoff auf 100 g absolut trockenen Boden hin und her pendelt. Alle 3 Standorte verhalten sich hierin ähnlich. Ammoniak- und Nitratstickstoff als Komponenten des gesamten mineralisierten Stickstoffs verhalten sich analog demselben. Der niedrigste beobachtete Gehalt an mineralisiertem Stickstoff beträgt 1,16 mg (Mentha-Standort 28. 11.). Schaltet man den 28. 11. als außerhalb der Vegetationsperiode liegend aus, so tritt der niedrigste Wert mit 2,10 mg am 2. 9. auf (Ranunculus-Standort), der immerhin noch ungefähr 40 kg N/ha gleichkommt, eine Stickstoffmenge, die bei Annahme einer Krumentiefe von 20 cm ungefähr 2,5 dz Natronsalpeter entspricht. Daß aber der Boden an Stickstoff nicht verarmt, zeigen die in der Folgezeit höheren Werte. Daraus geht hervor, daß immer wieder Stickstoff in mineralischer

Tabelle 55.

Ammoniak- und Nitratgehalt (1933).

(Zahlenangabe: mg N auf 100 g abs. trockenen Boden).
(S: Summe von NH_4— u. NO_3 —Stickstoff).

Tag	Urtica			Ranunculus			Mentha		
	NH_4	NO_3	S	NH_4	NO_3	S	NH_4	NO_3	S
13. 5.	4,25	1,37	5,62	3,76	2,67	6,43	5,77	1,73	7,50
3. 6.	7,45	2,08	9,53	7,27	1,08	8,35	6,04	1,76	7,80
10. 6.	2,72	0,80	3,52	3,00	1,50	4,50	3,45	0,92	4,37
8. 7.	4,39	6,12	10,51	5,38	3,77	9,15	—	—	—
15. 7.	2,57	1,77	4,34	3,18	1,67	4,85	2,80	2,33	5,13
22. 7.	1,73	1,52	3,25	2,54	1,23	3,77	2,38	0,98	3,36
2. 9.	1,35	0,80	2,15	0,63	1,47	2,10	1,65	1,18	2,73
16. 9.	2,10	0,63	2,73	1,82	0,42	2,24	3,19	0,21	3,40
7. 10.	2,76	0,80	3,56	1,63	1,55	3,18	1,68	1,81	3,49
21. 10.	1,80	0,38	2,18	1,80	0,34	2,14	1,75	0,63	2,38
28. 10.	2,55	0,21	2,76	1,77	1,05	2,82	1,60	1,26	2,86
4. 11.	4,26	0,79	5,05	2,28	0,37	2,65	3,94	0,54	4,48
28. 11.	1,28	0,54	1,82	1,10	0,42	1,52	0,62	0,54	1,16

Form aus den Stickstoff in organisch gebundener Form enthaltenden Verbindungen des Bodens neu gebildet wird. Von Wichtigkeit ist die Tatsache, daß der Boden zu Beginn der Vegetationszeit bis zur Blütezeit und beginnenden Fruchtreife der meisten Arten, in welcher der Nährstoffbedarf der Vegetation am größten ist, auch hohe Mineralstickstoff-Gehalte aufweist. In der Zeit vom 13. 5. bis 22. 7. (Tab. 56) beträgt der niedrigste Mittelwert (Urtica-Standort) für die Summe von Ammoniak- und Nitratstickstoff selbst bei Nichtberücksichtigung des hohen Wertes vom 8. 7. noch 5,33 mg oder rund 100 kg N/ha entsprechend 6,25 dz Natronsalpeter.

Tabelle 56.

Ammoniak- und Nitratgehalt (1933).

Mittel aus 24 Beobachtungstagen
Beobachtung vom 8. 7. 33 nicht berücksichtigt

Tag	Urtica			Ranunculus			Mantha		
	NH_4	NO_3	S	NH_4	NO_3	S	NH_4	NO_3	S
13. 5.—22. 7.	3,79	1,54	5,33	3,78	1,69	5,47	3,92	1,61	5,53
29. 7.—28. 11.	2,28	0,96	3,24	2,04	0,99	3,03	2,27	0,98	3,25
13. 5.—28. 11.	2,80	1,16	3,96	2,64	1,23	3,87	2,86	1,19	4,05

Der Nitrat-Stickstoff ist bis auf drei Fälle (Urtica-Standort 8. 7.; Ranunculus-Standort 2. 9.; Mentha-Standort 7. 10.) stets in geringerer Menge vorhanden als der Ammoniak-Stickstoff. An allen Standorten kommen Fälle vor, wo sich die Werte für Ammoniak- und Nitrat-Stickstoff einander nähern, jedoch ist es häufiger, daß der Ammoniak-Stickstoff deutlich höhere Werte als letzterer aufweist. Ein gleichsinniger Verlauf zwischen der

Nitrat- und Ammoniak-Stickstoffkurve an den einzelnen Standorten ist meist nicht vorhanden, und irgendwelche gesetzmäßigen Beziehungen zwischen beiden Kurven sind nicht zu erkennen. Gemeinsam ist allen drei Standorten nur, daß die Kurve für den Ammoniak-Stickstoff über derjenigen des Nitrat-Stickstoffs liegt. Es lassen sich jedoch hieraus keine Schlüsse über die Stickstoffernährung der Pflanzen ziehen, d. h. ob die Pflanzen vor allen Dingen Ammoniak-Stickstoff und weniger Nitrat-Stickstoff aufnehmen. Im allgemeinen ist der Nitrat-Stickstoff die von der Pflanze bevorzugte Stickstoffform. Aus dem organischen Ausgangsmaterial im Boden wird als erstes Produkt der Mineralisierung Ammoniak-Stickstoff gebildet; Nitrate entstehen aus den vorhandenen Ammoniak-Verbindungen auf dem Wege über das Nitrit duch weitere bakterielle Einwirkung. Das Auftreten größerer Mengen von Ammoniak-Stickstoff bedeutet also gleichzeitig, daß genügend Ausgangsmaterial für die Nitrifizierung vorhanden ist. Maßgebend für die Ernährung der Vegetation durch Nitrat-Stickstoff ist demnach die Geschwindigkeit der Nitrifizierung der vorhandenen Ammoniumverbindungen. Dabei ist gleichzeitig zu prüfen, mit welcher Schnelligkeit organische Stickstoffverbindungen ammonifiziert werden. Die angestellten Ammonifikations- und Nitrifikationsversuche lieferten in dieser Hinsicht günstige Resultate (Tab. 57 u. 58). Zu den Versuchen selbst wurden die Bodenproben 221, 230 und 210 verwendet, so daß also jeder Standort durch eine Probe vertreten ist.

In der Methodik der Versuchsanstellung wurde der Vorschrift von Lemmermann (1932, „Methoden zur Untersuchung des Bodens", Abschn. C III, 1 u. 2) gefolgt. Für die Bestimmung des Ammonifikationsvermögens wurden auf 100 g trockenen Boden 125 mg Stickstoff in Form von Pepton (Witte) zugesetzt. Zu dem für den Nitrifikationsversuch bestimmten Boden wurden auf die gleiche Bodenmenge 12,5 mg Stickstoff in Form von Ammoniumsulfat zugefügt. Zur Vermeidung des Auftretens saurer Reaktion während des Versuches wurden bei Beginn dem Boden noch geringe Mengen von kohlensaurem Kalk beigemischt. Besondere Vorkehrungen zur Vermeidung von Ammoniakverlusten (z. B. Verwendung mit Schwefelsäure getränkter Bimssteinaufsätze auf den Versuchsgefäßen) wurden nicht getroffen. Die Analyse erfolgte nach den oben erwähnten Methoden.

Wie Tab. 57 zeigt, ist bereits nach 7 Tagen über die Hälfte des zugegebenen organischen Stickstoffs ammonifiziert worden. Bis zum 14. (Pr. 221) bzw. 21. Tage nach Versuchsbeginn steigen die Werte weiter an und erreichen bei der Probe 210 fast 100%. Diese Zahlen besagen aber nur, daß die ammonifizierenden Bakterien im Boden unter günstigen Bedingungen eine außerordentliche Tätigkeit entfalten können. Es läßt sich jedoch nichts über die verschiedene Ammonifikationskraft der einzelnen Proben aussagen, da ja

Tabelle 57.

Ammonifikationsversuch.

(mg NH_4 – N in 100 g abs. trockenem Boden).

Nr.	0.	7.	14.	21.	28. Tag	Zugabe mg N
221	—	66,36	97,43	95,16	71,99	125,0
230	—	73,52	97,39	103,80	75,40	
210	—	80,94	112,03	121,06	103,96	

neben der Ammonifizierung des im Pepton gebundenen Stickstoffs auch andere im Boden vorhandene organische Stickstoffverbindungen mineralisiert werden und Nitrifikationserscheinungen nebenher gehen. Genaue Aufschlüsse über den Grad der Ammonifikation bei den einzelnen Proben wären erst zu erhalten, wenn gleichzeitig Bestimmungen des Gesamtstickstoffs und Nitrat-Stickstoffs durchgeführt worden wären. In diesem Falle ließe sich die aus den organischen Stickstoffverbindungen und zum Teil schon wieder nitrifizierte Menge Ammoniak-Stickstoff ermitteln. Der Wert der Ammonifikationsversuche wird aber in diesem speziellen Fall durch Auslassung der Bestimmungen von Gesamt- und Nitratstickstoff nicht vermindert. Aus den wöchentlichen Untersuchungen ging ja bereits hervor, daß der Boden stets ausreichende Mengen an Ammoniak-Stickstoff enthielt, die auf lebhafte Tätigkeit ammonifizierender Mikroorganismen schließen ließen. Der hier durchgeführte Ammonikationsversuch hat mit der Feststellung, daß die untersuchten Proben der drei Standorte sämtlich eine sehr lebhafte Ammonifikation aufweisen, die Bestätigung der Beobachtungen am Standort erbracht und somit seinen Zweck in befriedigender Weise erfüllt, auch ohne daß nähere Angaben über Gesamtstickstoff und Nitratgehalt gemacht worden sind.

Der Nitrifikationsversuch läßt sich dagegen etwas besser übersehen, weil der Bestimmung des Nitrat-Stickstoffs eine Ammoniak-

Tabelle 58.

Nitrifikationsversuch.

(Zahlenangabe mg N auf 100 g abs. tr. Bd.)

Nr.	0.	7.	14.	21.	28. Tag	Zugabe mg NH_4—N
a) Nitrifikation						
221	—	14,36	21,64	18,28	17,14	12,5 + 1,46 = 13,96
230	—	15,50	23,09	21,01	18,92	12,5 + 1,50 = 14,00
210	—	11,17	21,15	22,95	17,88	12,5 + 1,64 = 14,14
b) Ammonifikation						
221	—	3,90	13,02	7,71	5,38	
230	—	4,78	15,73	9,41	8,48	
210	—	8,39	18,72	12,73	8,12	

bestimmung vorhergehen muß. Unter Einbeziehung des in den Böden bereits vorhandenen Ammoniak-Stickstoffs enthielten die Pro-

ben zu Beginn des Nitrifikationsversuches rund 14 mg Ammoniak-Stickstoff (Tab. 58). Nach 7 Tagen sind bei den Proben 221 und 230 schon 3 bzw. 11% mehr Nitrat-Stickstoff vorhanden, als der zu Beginn des Versuches anwesenden Menge Ammoniak-Stickstoff entspricht. Der höchste Nitratgehalt wurde bei diesen Proben nach 14 Tagen beobachtet, der jetzt 55 bzw. 65% über der Ausgangskonzentration an Ammoniak-Stickstoff liegt. Von diesem Zeitpunkt ab ist ein leichtes Abnehmen des Nitratgehaltes zu beobachten, dessen Gründe hier nicht weiter erörtert werden sollen. Die Probe des Mentha-Standortes zeigt insofern ein etwas abweichendes Verhalten, als nach 7 Tagen der Ammoniak-Stickstoff erst zu 79% nitrifiziert ist und der höchste Wert erst nach 21 Tagen erreicht wird. Danach tritt wie bei den anderen Proben ein Abfall auf. So ist zunächst als allgemeines Ergebnis festzustellen, daß die untersuchten Proben sämtlich eine große Nitrifikationsenergie besitzen.

Die Verhältnisse werden insofern komplizierter, als ja nicht nur die ursprünglich vorhandene Menge Ammoniak-Stickstoff nitrifiziert wird, sondern auch noch der im Laufe der Versuchsdauer aus organischem Material gebildete Ammoniak-Stickstoff. So besagen also die hohen Nitratwerte, daß neben kräftiger Nitrifikation auch eine ergiebige Ammonifizierung organischen Stickstoffs stattgefunden haben muß. Es geht dies deutlich aus den Versuchsergebnissen besonders bei der Probe 210 hervor (Tab. 58 b). Wenn bei den Proben 221 und 230 z. B. nach 7 Tagen 0,40 bzw. 1,50 mg mehr Nitrat-Stickstoff festgestellt werden als der ursprünglich vorhandenen Menge Ammoniak-Stickstoff entspricht, so muß dieses Mehr aus ammonifizierten organischen Stickstoffverbindungen stammen. Zählt man (Pr. 221) diese Menge (0,40 mg) jetzt zu der ebenfalls nach 7 Tagen festgestellten Menge Ammoniak-Stickstoff (3,50 mg) hinzu, so ergibt sich, daß in den ersten 7 Tagen bei der Probe des Urtica-Standortes (14,36 — 13,96) + 3,50 = 3,90 mg Ammoniak-Stickstoff gebildet wurden, von denen bereits wieder 0,40 mg nitrifiziert worden sind. Für den Ranunculus- und Mentha-Standort betragen die entsprechenden Werte 4,78 bzw. 8,39 mg (Tab. 58 b). Auch in allen anderen Fällen weist der Boden des Mentha-Standortes (mit Ausnahme der Beobachtung 28 Tage nach Versuchsbeginn) den höchsten Gehalt an Ammoniak-Stickstoff auf. Diese Beobachtung stimmt mit den Feststellungen des Ammonifikationsversuches sehr gut überein. Auch hier zeigt die Probe des Urtica-Standortes (Pr. 221, Tab. 57) die kleinste und die Probe des Mentha-Standortes (Pr. 210) die größte gebildete Menge Ammoniak-Stickstoff. Aussagen über die absolute Menge ammonifizierten Stickstoffs ließen sich dort nicht machen, da unbekannt war, in welchem Maße Ammoniak-Stickstoff bereits wieder nitrifiziert worden war. Aus den Ergebnissen des Nitrifikationsversuches kann jetzt geschlossen werden, daß aller Wahrscheinlichkeit nach die bei

Durchführung des Ammonikationsversuches ermittelten Werte die unterschiedliche Ammonifikationskraft der drei Böden richtig zum Ausdruck bringen.

In den wöchentlich durchgeführten Untersuchungen über den Nitrat- und Ammoniakgehalt lassen sich die besprochenen Verhältnisse nicht in dieser klaren Form erkennen. Es sind durchaus nicht immer am Mentha-Standort die höchsten Ammoniakwerte oder die niedrigsten Nitratgehalte zu beobachten. Es spielen ja hier nicht nur das Ammonifikations- oder Nitrifikationsvermögen eine Rolle, sondern auch die Auswaschung, der Verbrauch durch die Pflanzen, die Denitrifikation, die Bodentemperatur, der verschiedene Feuchtigkeitsgehalt usw. sind Faktoren, die mitbestimmend auf den augenblicklichen Ammoniak- und Nitratgehalt der Standorte einwirken. Rheinwald (1933, S. 97) stellte z. B. fest, „daß höhere Temperaturen zwar die Grundbedingung für das Entstehen höherer Nitratkonzentrationen in der Bodenlösung sind, daß entscheidenden Einfluß auf die Größe der Nitratkonzentration in der Ackerkrume aber die Niederschläge haben", d. h. also, daß die Nitratbildung im Boden unter günstigen Feuchtigkeitsbedingungen am lebhaftesten vor sich gehen wird. Olsen (1921, S. 10/11) ist auch zu dem Ergebnis gekommen, daß hohe Bodenfeuchtigkeit günstig auf die Nitrifikation einwirkt. Der optimale Wassergehalt soll bei ungefähr 2/3 der maximalen Wasserkapazität liegen. In entsprechender Weise findet Weis (1910, S. 444) die niedrigsten Nitratmengen fast stets in den Proben geringsten Wassergehaltes. Auch die Ammonifikation wird in ähnlicher Weise durch den Wassergehalt des Bodens beeinflußt (Rippel 1931, S. 627). Der optimale Wassergehalt liegt bei 60% der maximalen Wasserkapazität. Bei weiterem Ansteigen des Wassergehaltes braucht aber noch keine Verminderung des Ammonifikationsvermögens aufzutreten. Daß auch die Vegetation die Höhe des Nitratgehaltes wesentlich beeinflussen kann, geht aus einer Bemerkung von Weis (1910, S. 445) hervor, wonach der Nitratgehalt des Bodens im Sommer durch die lebhafte Nitrataufnahme der Vegetation niedrigere Werte aufweisen kann als im Winter, ohne daß daraus auf geringere Salpeterbildung im Sommer geschlossen werden darf. Die unregelmäßigen Werte sind also verständlich.

Die Beobachtung von Weis (1910, S. 444), daß die niedrigsten Nitratgehalte bei den geringsten Werten der Bodenfeuchtigkeit gefunden werden, trifft im großen und ganzen zu, wie die folgenden Beispiele zeigen sollen. Am Mentha-Standort wird der geringste Nitratgehalt am 16. 9. beobachtet. Die niedrigsten Werte für den Wassergehalt des Bodens am Mentha-Standort werden zwischen dem 6. und 21. 9. festgestellt. Niedrige Nitratwerte sind am Urtica-Standort für den 16. 9., 21. und 28. 10. und für den 4. 11. ermittelt worden. An allen diesen Tagen bzw. den vorher-

gehenden und nachfolgenden sind Wassergehalte von weniger als 25% vorhanden. Der geringste Wassergehalt betrug 23,6%. Auch für den Ranunculus-Standort (z. B. 16. 9.) treffen ähnliche Feststellungen zu. Gegen Ende November ist trotz ansteigenden Wassergehaltes bei allen Standorten keine Erhöhung des Nitratgehaltes festzustellen, was aber hier wohl auf die mit Fortschreiten der Jahreszeit niedriger werdenden Bodentemperaturen zurückzuführen sein wird. Somit sind wenigstens in der vorhin erwähnten Richtung Zusammenhänge zwischen Wassergehalt des Bodens und Nitratgehalt nachweisbar. Auch für den Ammoniakgehalt des Bodens können ähnliche Feststellungen getroffen werden, wenn auch hier die Verhältnisse längst nicht so deutlich zu erkennen sind und oft Widersprüche auftreten. Vielleicht ist dies mit der Beobachtung in Einklang zu bringen, daß die „Nitratbildung in allem empfindlicher zu sein scheint" (Rippel 1931, S. 632) als die Ammoniakbildung. Als wesentlichster Faktor, der unter natürlichen Verhältnissen die Nitrifikation beeinflußt, ist nach Rippel (1931, S. 635) dabei der Wassergehalt des Bodens anzusehen.

Man muß sich mit der Feststellung begnügen, daß an drei untersuchten Standorten stets ausreichende Mengen mineralisierten Stickstoffs vorhanden sind und das Ammonifikations- und Nitrifikationsvermögen der Böden der einzelnen Standorte groß genug ist, um eine ausreichende Stickstoffversorgung der Vegetation zu gewährleisten.

Tabelle 59.

Vergleichende Ammoniak- und Nitratstickstoffbestimmungen.
Probenahme am 13. 7. 33 aus 10—15 cm Tiefe.

Nr.	NH_4-N	NO_3-N	Summe	Vegetation charakterisiert durch:
1	1,64	2,69	4,33	Glechoma hed., Urtica di.
2	1,48	1,94	3,42	Alliaria off.
3	1,91	3,69	5,60	Urtica, spärlich Alliaria
4	1,39	1,26	2,65	Glechoma, spärlich Geum urb. und Lamium mac.
5	1,54	2,27	3,81	Malachium aqu., spärl. Urtica, Glechoma Agrostis stol.
6	1,37	1,88	3,25	Ranunculus rep., zerstreut Agrostis, spärl. Galium ap.
7	2,17	0,94	3,11	Rubus caes., zerstr. Ranunculus, Agrostis, Lysimachia numm.
8	1,40	1,27	2,67	Calamagrostis lanc., zerstr. Symphytum off., spärl. Urtica
9	1,10	1,52	2,62	Polygonum mite, zerstr. Agrostis
10	1,26	0,84	2,10	Festuca gig., zerstr. Glechoma

Eine Bestätigung hierfür liefert die Untersuchung zehn verschiedener Bodenproben, die an zehn über die ganze Rabeninsel verteilten Stellen entnommen wurden. Die Probenahme erfolgte am 13. 7. 33 innerhalb zwei Stunden (Tab. 59). Die ermittelten Werte

liegen in der gleichen Größenordnung wie die am 15. und 22. 7. als nächst liegendsten vergleichbaren Terminen am Urtica-, Ranunculus- und Mentha-Standort beobachteten Zahlen. Es ist also zu schließen, daß die Böden der Rabeninsel ganz allgemein für die Stickstoffernährung der Vegetation günstige Verhältnisse aufweisen. Beachtenswert ist bei den Zahlen der Tabelle 59 noch, daß die durch Urtica dioica charakterisierten Stellen (Nr. 1 und Nr. 3) auch die höchsten Werte für Nitrat-Stickstoff sowie mineralisierten Stickstoff (als Summe von Nitrat- und Ammoniak-Stickstoff) aufweisen.

Methodik der Lichtmessungen.

Die Lichtmessungen wurden an vier Stellen durchgeführt, am Urtica-, Ranunculus-, Mentha-Standort (U, R, M) und auf der „kleinen Ranunculuswiese" (Rk). Die Lage der einzelnen Beobachtungsstellen ist aus der Vegetationskarte ersichtlich. Die Beobachtungen sind mit dem Graukeilphotometer von Eder-Hecht angestellt worden. Während zuerst nur vier Keile (U, R, M, Rk) — Keilkonstante 0.305 — an den einzelnen Standorten ausgelegt wurden, sind vom 5. 6. 33 ab am Urtica- und Ranunculus-Standort noch zwei weitere Photometer aufgestellt worden (UB, RB). Zu Vergleichszwecken wurde ein Photometer 150 m nördlich der Rabeninsel auf einer Wiese im Gebiet der Gemarkung Passendorf ausgelegt (Keil VII F). Das Gelände war nach allen Seiten hin frei. Um Beschattungen des Keils durch die Bodenvegetation zu vermeiden, wurden sämtliche im Umkreis von 1 m um das Photometer herumstehenden Pflanzen entfernt. Um jeder Beeinflussung mit Sicherheit vorzubeugen, wurde das Photometer noch in einer Höhe von 50 cm angebracht.

Die Expositionsdauer betrug bei allen Beobachtungen eine halbe Stunde. Die im Photometer angezeigte Lichtmenge ist in den entsprechenden Tabellen als absolute Lichtmenge in Bunsen-Roscoeschen Einheiten angegeben; zur Umrechnung wurden Tabellen von Eder (1920, S. 42 u. 44) benutzt.

Die Graukeile wurden für alle Messungen immer an derselben Stelle ausgelegt und in ihrer Längsrichtung ost-westlich orientiert. Die vier anfänglich verwandten Keile lagen wagerecht 2 cm über dem Boden. Später (ab 5. 6.) wurden die beiden Keile U und R so aufgestellt, daß sie in Höhe der Feldschicht lagen. Am Urtica-Standort kam dafür die mittlere Brennesselhöhe (140 cm) und am Ranunculus-Standort die obere Grenze von Agrostis stolonifera (40 cm) in Betracht. Auch hier wurden die Photometer wieder wagerecht gelegt und ost-westlich orientiert. 2 cm über dem

Keil (UB, RB, Keilkonstante 0,188) ausgelegt, um die Abnahme der Boden wurde nun an jedem dieser beiden Standorte ein weiterer Lichtintensität am Boden beim Durchgang des Lichtes durch die die obere Feldschicht bildende Vegetationsdecke zu beobachten. Messungen wurden nach Möglichkeit ein- bis zweimal wöchentlich an allen Standorten durchgeführt. Die Beobachtungszeiten von 8—8½ und 12—12½ Uhr konnten dauernd beibehalten werden, während die Beobachtungen von 18½—19 Uhr im Herbst entsprechend dem früheren Untergang der Sonne bis auf 17 Uhr vorverlegt werden mußten. Bei ganztägigen Messungen wurden die Keile in ein- oder zweistündigen Intervallen ebenfalls eine halbe Stunde exponiert.

Ergebnisse der Lichtmessungen.

Über die Verhältnisse an den einzelnen Standorten unterrichten zuerst am besten diejenigen Tabellen, in denen die Beobachtungsmittel für die einzelnen Monate zusammengestellt sind. Da die Messungen immer nur an einigen Tagen des Monats durchgeführt worden sind, handelt es sich bei diesen Zahlen natürlich nicht um Monatsmittel. Es ist dies in den Tabellen dadurch zum Ausdruck gebracht worden, daß die Werte als „Beobachtungsmittel" benannt worden sind.

Bis Ende April (1933) werden zu allen drei Beobachtungszeiten (Tab. 60) die größten Lichtmengen am Standort Rk (III) festgestellt, die übrigen Standorte folgen in der Rangordnung R (II), M (IV), U (I). Im Mai sind diese Verhältnisse für die Beobachtungen um 8 und 12 Uhr noch unverändert. Die Messung um 18½ Uhr zeigt aber bereits eine Änderung, indem die größte Lichtmenge zu dieser Zeit am Ranunculus-Standort beobachtet wird. Der Standort Rk steht erst an dritter Stelle. Entsprechend der längeren Tagesdauer sind die absoluten Lichtmengen angestiegen (Keil VII F), jedoch macht sich dies bei den Standorten U, R, Rk und M nur bei der Messung um 18½ Uhr bemerkbar. Die Messungen um 8 und 12 Uhr zeigen einen Rückgang der absoluten Lichtmengen, was mit der zunehmenden Belaubung der Bäume und Sträucher in Verbindung zu bringen ist. Daß aber die Beobachtung um 18½ Uhr an allen Standorten einen Anstieg der absoluten Lichtmengen zeigt, hängt mit dem späteren Untergang der Sonne in diesem Monat gegenüber dem Vormonat zusammen. Im Juni haben die Verhältnisse eine grundlegende Umgestaltung erfahren. Der Mentha-Standort, der im April an vorletzter Stelle stand, weist jetzt zu allen Beobachtungszeiten die größte Lichtsumme auf, und die übrigen Standorte schließen sich in der Reihenfolge R, Rk, U an. Von nun an bleibt diese Rangordnung nach den Mittelwerten für diese vier Keile bis zum

Tabelle 60.

Lichtmessungen (Abs. Lichtgenuß).
Beobachtungen vom 30. 3. 33.—6. 11. 33.
Beobachtungsmittel

Datum	Zeit	I_U	II_R	III_{Rk}	IV_M	V_{UB}	VI_{RB}	VII_F
30. 3.	8 — 8½	112	134	159	142	—	—	196
bis	12 —12½	295	378	402	290	—	—	496
29. 4.	18½—19	16,8	22,5	25,6	20,2	—	—	29,6
3. 5.	8 — 8½	72,8	126	152	148	—	—	228
bis	12 —12½	145	346	370	281	—	—	557
27. 5.	18½—19	21,4	44,9	35,6	38,5	—	—	63,0
3. 6.	8 — 8½	25,9	89,8	84,6	130	—	—	311
bis	12 —12½	45,4	213	133	231	—	—	532
21. 6.	18½—19	11,5	40,1	27,4	47,6	—	—	125
1. 7.	8 — 8½	33,5	104	69,2	143	16,5	58,2	382
bis	12 —12½	53,5	260	176	241	29,7	126	732
29. 7.	18½—19	9,6	32,9	17,7	37,3	6,3	21,2	102
2. 8.	8 — 8½	24,0	75,7	53,3	99,9	14,3	39,6	262
bis	12 —12½	38,2	201	150	184	20,8	122	584
30. 8.	18½—19	4,8	17,3	11,7	23,2	3,4	10,9	77,4
6. 9.	8 — 8½	14,1	54,5	37,2	74,4	8,4	32,4	210
bis	12 —12½	24,4	103	75,5	113	13,5	55,7	356
27. 9.	18½—19	2,5	8,0	6,9	10,0	1,0	2,7	17,1
4. 10.	8 — 8½	21,6	46,6	43,0	55,4	11,7	23,4	159
bis	12 —12½	31,8	70,2	52,0	75,6	16,5	21,3	240
6. 11.	17 —17½	4,9	11,3	8,9	12,5	2,3	5,0	20,4

Ende der Beobachtungsperiode erhalten. Ende Oktober erfährt die Reihenfolge wieder eine Änderung in umgekehrter Weise wie bei den Beobachtungen vom Mai und Juni.

Die absoluten Lichtmengen, die vom April bis zum Juni abgenommen hatten — mit Ausnahme der Beobachtung um 18 Uhr im Mai, was auf größer werdende Tageslänge zurückzuführen war —, steigen vom Juni zum Juli an den einzelnen Standorten mit Ausnahme der Beobachtung um 18½ Uhr an, was dadurch zu erklären ist, daß im Juli Tage mit günstigeren Lichtverhältnissen als im Juni erfaßt worden sind. Für die Beobachtung um 18½ Uhr aber wie auch für alle Beobachtungszeiten in den folgenden Monaten ist eine Abnahme der absoluten Lichtmenge feststellbar, was mit dem früheren Untergang der Sonne bzw. der abnehmenden Tageslänge zusammenhängt. Abweichungen hiervon sind für die Zeit von Anfang Oktober bis Anfang November für den Urtica-Standort zu allen Beobachtungszeiten, für den kleinen Ranunculus-Standort (Rk) für 8½ und 17 Uhr und für den Ranunculus- und Mentha-Standort für 17 Uhr festzustellen. Die höheren Werte

für die Beobachtung um 17 Uhr an allen Standorten (auch VII F) sind auf die Vorverlegung der Beobachtungszeit von 18½ bis auf 17 Uhr zurückzuführen. Die Zunahme der absoluten Lichtmengen in den anderen Fällen ist durch die Entlaubung der Bäume und Sträucher bedingt, worauf weiter unten näher eingegangen werden soll.

Als allgemeines Ergebnis ist zunächst festzustellen, daß die Messung im freien Gelände (F) ungefähr entsprechend der Jahreszeit einen Anstieg der Lichtmengen bis zum Juli zeigt und darauf einen Abfall aufweist. Die Standorte U, R, Rk und M des untersuchten Gebietes zeigen dagegen die höchsten Werte im April vor dem Einsetzen der Belaubung und von diesem Zeitpunkt ab ein dauerndes Sinken der mittleren absoluten Lichtwerte bis zum Ende der Beobachtungsperiode.

Die Standorte UB und RB reihen sich in entsprechender Weise ein, nur zeigt der Keil UB genau wie das andere Photometer (U) am Urtica-Standort einen Anstieg der Lichtsummen im Oktober, was in der Entlaubung der Bäume und Sträucher und hier auch in dem Absterben der Bodenvegetation prinzipiell die gleiche Erklä-

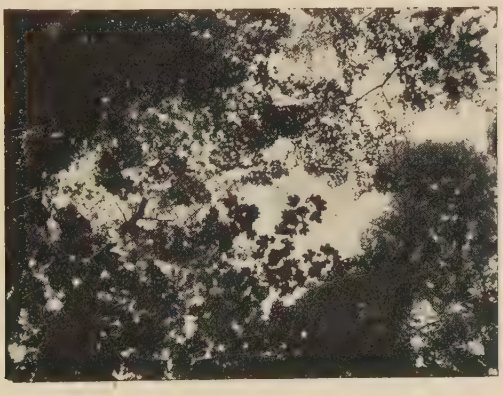


Abb. 6. Kronenschluß am Urtica-Standort

rung findet. Bei einem Vergleich der Photometer UB und RB mit den ihnen entsprechenden Keilen U und R ist festzustellen, daß die absoluten Lichtmengen in Höhe der Feldschicht größer sind als am Boden unter dieser; die Unterschiede betragen rund 50%.

Die Verhältnisse an den Standorten in den einzelnen Monaten sowie ihre Rangordnung zu verschiedenen Zeiten werden übersichtlich, wenn die Belaubung einer näheren Betrachtung unterzogen wird, da durch sie die Lichtverhältnisse, besonders was Vorderlicht und Oberlicht anbetrifft, entscheidend beeinflußt werden. Zur Er-

läuterung eignen sich am besten die für den relativen Lichtgenuß der einzelnen Standorte ermittelten Werte. (Tab. 61; vgl. auch die Abb. 6, 7, 8).

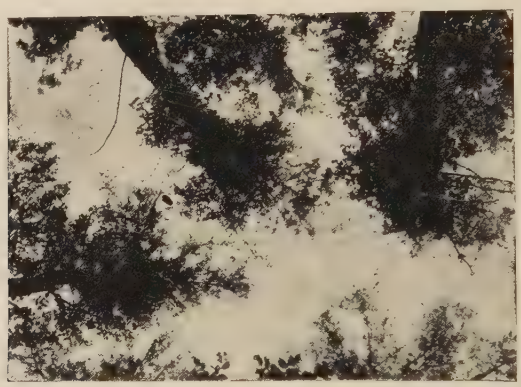


Abb. 7. Kronenschluß am Ranunculus-Standort

Im April besitzt der Standort Rk den größten relativen Lichtgenuß, die übrigen Standorte folgen in der Anordnung R, M, U nach. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Standorten sind auf die verschiedenartigen Belaubungsverhältnisse zurückzuführen. Das Ge-

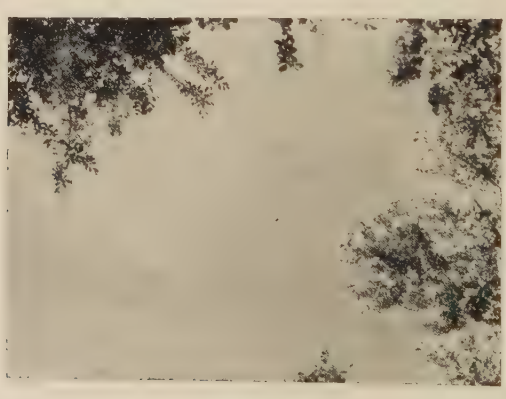


Abb. 8. Kronenschluß am Mentha-Standort

äst am Urtica-Standort ist am dichtesten, und die Belaubung hat hier gegen Ende des Monats schon einen für die Jahreszeit recht hohen Grad erreicht, so daß verständlich ist, wenn dieser Standort den geringsten relativen Lichtgenuß aufweist. Der Mentha-

Tabelle 61.

Lichtmessungen — relativer Lichtgenuß.

Beobachtungen vom 30. 3. 33.—6. 11. 33

Beobachtungsmittel

Datum	Zeit	IU	IIR	IIIRk	IVM	VUB	VIRB	VIIF
30. 3.	8 — 8½	0,57	0,68	0,81	0,72	—	—	1,00
bis	12 —12½	0,59	0,76	0,81	0,58	—	—	1,00
29. 4.	18½—19	0,57	0,76	0,86	0,68	—	—	1,00
3. 5.	8 — 8½	0,44	0,55	0,67	0,65	—	—	1,00
bis	12 —12½	0,26	0,62	0,67	0,51	—	—	1,00
27. 5.	18½—19	0,34	0,71	0,57	0,61	—	—	1,00
3. 6.	8 — 8½	0,08	0,29	0,27	0,42	—	—	1,00
bis	12 —12½	0,09	0,40	0,25	0,43	—	—	1,00
21. 6.	18½—19	0,09	0,32	0,22	0,38	—	—	1,00
1. 7.	8 — 8½	0,09	0,27	0,18	0,37	0,04	0,15	1,00
bis	12 —12½	0,07	0,36	0,24	0,33	0,04	0,17	1,00
29. 7.	18½—19	0,09	0,32	0,17	0,37	0,06	0,21	1,00
2. 8.	8 — 8½	0,09	0,29	0,20	0,38	0,05	0,15	1,00
bis	12 —12½	0,07	0,34	0,26	0,32	0,04	0,21	1,00
30. 8.	18½—19	0,06	0,22	0,15	0,30	0,04	0,14	1,00
6. 9.	8 — 8½	0,07	0,26	0,18	0,35	0,04	0,15	1,00
bis	12 —12½	0,07	0,29	0,21	0,32	0,04	0,16	1,00
27. 9.	18½—19	0,15	0,47	0,40	0,59	0,06	0,16	1,00
4. 10.	8 — 8½	0,14	0,29	0,27	0,35	0,08	0,15	1,00
bis	12 —12½	0,13	0,29	0,22	0,32	0,07	0,12	1,00
6. 11.	17 —17½	0,24	0,55	0,44	0,61	0,11	0,25	1,00

Standort steht hinter den beiden Standorten (R, Rk) deutlich zurück, obwohl die von Ästen oder Laub bedeckte Fläche senkrecht über dem Graukeil bei diesen größer ist als am Mentha-Standort. Die Erklärung hierfür liefern die unterschiedlichen Vorderlichtsverhältnisse. Der größte Lichtzutritt ist beim Ranunculus-Standort und der geringste beim Urtica- und Mentha-Standort vorhanden. Der kleine Ranunculus-Standort (Rk) reiht sich zwischen den Ranunculus-Standort und die beiden anderen Standorte ein. Im Frühjahr, wenn die Bäume noch unbelaubt sind, ist das Vorderlicht der maßgebende Faktor für den Lichtgenuß an den einzelnen Standorten. Wenn zu dieser Zeit aber trotzdem der Standort Rk, obwohl hier das Oberlicht nicht stärker durchgelassen wird als am Ranunculus-Standort und auch das Vorderlicht am Ranunculus-Standort günstiger ist, einen größeren relativen Lichtgenuß als der Ranunculus-Standort aufweist, muß dafür noch eine weitere Ursache vorhanden sein. Diese ist in der verschiedenen Entfernung der beiden Standorte vom Rand des Unter-

holzes und des Baumbestandes zu erblicken, was aus der Vegetationskarte hervorgeht. So ist also doch der kleine Ranunculus-Standort Rk in seinen Lichtverhältnissen günstiger gestellt, weil das Oberlicht und ein Teil des Vorderlichtes durch die größere Entfernung zur Unterholz- und Baumgrenze hin kräftiger wirken kann. Für den Mentha-Standort liegen die Verhältnisse trotz des großen Anteils des Oberlichtes bei Berücksichtigung dieses Gesichtspunktes ganz eindeutig. Der Lichtkeil liegt unmittelbar am Rande des Unterholzes (vgl. die Vegetationskarte) und ist so von einem großen Teil des Vorderlichtes abgeschnitten. Für den Urtica-Standort bedarf es keiner näheren Erläuterung, da der Standort sowohl nach Süden als auch nach oben sehr stark abgeschirmt ist. Die Rangordnung der Standorte in der Reihenfolge Rk, R, M, U hinsichtlich ihres relativen Lichtgenusses im April wird so verständlich.

Im Mai nimmt besonders am Urtica-Standort die Belaubung sehr stark zu, was sich in einem steilen Abfall der Werte des relativen Lichtgenusses für diesen Standort zu erkennen gibt. Die anderen Standorte überschneiden sich in ihren Werten und lassen die weitere Entwicklung noch nicht übersehen. Die an allen Standorten stark zunehmende Belaubung macht sich in einem Absinken des relativen Lichtgenusses bemerkbar. Da der Mentha-Standort in bezug auf das Oberlicht günstiger als die anderen Standorte gestellt ist, ist hier der Abfall der Kurve nicht so stark wie bei den Standorten R und Rk.

Im Juni hat die Belaubung ihre volle Ausbildung erreicht, und die einzelnen Standorte sind jetzt in ihren Werten für den relativen Lichtgenuß genau so deutlich voneinander unterschieden wie hinsichtlich ihres absoluten Lichtgenusses zur selben Zeit. In beiden Fällen lautet die Reihenfolge nun M, R, Rk, U. Durch die starke Zunahme der Belaubung ist das Vorderlicht weitgehend ausgeschaltet worden und das Oberlicht in erster Linie wirksam geworden.

Bis Ende August ist die Belaubung noch um ein geringes dichter geworden, und der relative Lichtgenuß an den Standorten ist dementsprechend leicht zurückgegangen.

Der ungefähr am 7. 10. einsetzende Laubfall macht sich bei allen Standorten durch einen Anstieg des relativen Lichtgenusses bemerkbar. Die Lichtverhältnisse an den Standorten beginnen sich wieder so wie im Frühjahr einzustellen. Am 28. 10. sind die Werte (Tagesmittel) am Ranunculus-Standort und Mentha-Standort gleich; am 6. 11. liegt der Wert des R-Keiles und auch bereits des Rk-Keiles über dem am Mentha-Standort beobachteten Wert (Tab. 62). Es ist anzunehmen, daß die Weiterentwicklung in der Richtung verlaufen wird, daß die Rangordnung der einzelnen Standorte wieder der des Frühjahres (Rk, R, M, U) entsprechen wird.

Für die Keile UB und RB am Urtica- bzw. Ranunculus-

Tabelle 62.

Relativer Lichtgenuß.
tägl. Beobachtungsmittel

Tag	I_U	II_R	III_{Rk}	IV_M
7. 10.	0,06	0,20	0,15	0,28
28. 10.	0,22	0,43	0,32	0,45
6. 11.	0,25	0,55	0,44	0,39

Standort bleibt nichts Wesentliches hinzuzufügen. Der relative Lichtgenuß an ihren Standorten ist, wie vorauszusehen war, geringer als an den entsprechenden Standorten der Keile U und R. Von der oberen Grenze der Feldschicht bis zum Boden nimmt der relative Lichtgenuß in beiden Fällen noch um rund 50% ab.

Unter Beachtung des verschiedenen Verhaltens von Vorderlicht und Oberlicht an den Standorten der Photometer sind nun auch die Beobachtungen über den absoluten Lichtgenuß, die vorhin nur in ihren Ergebnissen mitgeteilt wurden, zu deuten. Der Einfachheit halber sollen zum Vergleich in der Hauptsache nur die beiden Standorte R und M herangezogen werden, da bei ihnen infolge ihrer Lage zur Unterholzgrenze der wechselnde Einfluß von Vorder- und Oberlicht sehr deutlich zur Geltung kommt.

Ganz allgemein läßt sich feststellen, daß das Vorderlicht stets wirksamer ist als das Oberlicht, wenn es zur Geltung kommen kann. Von diesem Gesichtspunkt aus sind alle Ergebnisse der Lichtmessungen zu erklären. Man muß nur immer von Fall zu Fall feststellen, ob dem Ober- oder Vorderlicht der dominierende Einfluß einzuräumen ist.

Auch bei den ganztägigen in ein- bis zweistündigen Intervallen durchgeführten Lichtmessungen sind diese Verhältnisse wiederzufinden. Die Beobachtungen zeigen zunächst einmal, daß mit fortschreitender Jahreszeit bzw. mit zunehmender Belaubung die Größe der Tagesamplitude der absoluten Werte der Lichtsummen sinkt. Sodann lassen sich auch hier die Ergebnisse der Messungen auf Grund des verschiedenen Einflusses von Ober- und Vorderlicht

Tabelle 63.

Lichtmessungen (Abs. Lichtgenuß).
Beobachtung v. 3. 6. 33.

Zeit	I_U	II_R	III_{Rk}	IV_M
4— 4½	4,2	11,3	7,4	17,3
6— 6½	15,0	39,9	26,3	46,0
9— 9½	26,3	80,6	107	142
12—12½	30,2	330	142	187
15—15½	26,3	123	61,0	80,6
18—18½	11,3	34,8	30,2	46,0
20—20½	2,1	6,5	4,2	9,8

deuten. Als Beispiel sei die Beobachtung vom 3. 6. 1933 angeführt (Tab. 63).

Von 4—9½ Uhr und von 18—20½ Uhr liegen die Werte am Mentha-Standort höher als am Ranunculus-Standort (Wirkung des Oberlichtes!). Bei hochstehender Sonne in der Zeit von 12—15½ Uhr ist besonders das Vorderlicht wirksam, und die Werte des Ranunculus-Standortes übersteigen aus diesem Grunde die des Mentha-Standortes.

Tabelle 64.

Relativer Lichtgenuß (1933).

Datum	Zeit	IU	IIR	IIIRk	IVM
12. 6.	8 — 8½	0,08	0,24	0,21	0,37
	12 —12½	0,09	0,37	0,28	0,43
	18½—19	0,11	0,37	0 21	0,43
14. 6.	8 — 8½	0,12	0,37	0,28	0,50
	12 —12½	0,11	0,33	0,28	0,49
	18½—19	—	—	—	—
17. 6.	8 — 8½	0,07	0,25	0,21	0,38
	12 —12½	0,07	0,28	0,25	0,43
	18½—19	—	—	—	—
21. 6.	8 — 8½	0,08	0,33	0,28	0,43
	12 —12½	0,08	0,33	0,25	0,43
	18½—19	0,09	0,43	0,25	0,50

Im Verlaufe der Beobachtungen konnte die von einigen Autoren (H. Müller 1921, Markgraf 1922, S. 11/12, Klugh 1925, S. 231) festgestellte Tatsache des größeren relativen Lichtgenusses bei trübem Wetter bestätigt werden. Einige Beispiele mögen als Erläuterung hierzu genügen. Ich habe sie aus der Zeit der vollen Belaubung ausgewählt, um keine Komplizierung der Verhältnisse durch eine an den Standorten in verschiedenem Entwicklungszustand sich befindende Belaubung befürchten zu müssen. Es soll die Zeit vom 12.—21. 6. 1933 betrachtet werden. Wie Tab. 64 für diese Tage zeigt, steigen die Werte vom 12. zum 14. an, um am 17. abzusinken und am 21. wiederum anzusteigen. Die Erklärung liefern die Witterungsverhältnisse dieser Tage. Am 12. herrscht sehr sonniges Wetter. Eine einsetzende Wetterverschlechterung bringt am 14. 6. stark wolkiges Wetter mit meist vollständig bedecktem Himmel (Anwachsen der Werte des relativen Lichtgenusses!). Am 17. 6. herrscht wieder klares und sehr sonniges Wetter bis gegen Mittag, wo es zu einem schweren Gewitter kommt, um aber bald danach wieder aufzuklaren, so daß zur Zeit der dritten Messung (18½ Uhr) der Himmel wieder wolkenlos ist (Fallen der Werte!). Am 21. 6. ist das Wetter anfänglich noch heiter, aber schnell zunehmende Be-

wölkung bis zur völligen Eintrübung in den Nachmittags- und Abendstunden bringt wieder einen Abfall der Werte des relativen Lichtgenusses mit sich. Allerdings kommen auch vereinzelt Fälle vor, in denen keine so klare Deutung möglich ist.

Die Beobachtung von Hesselmann (1904, S. 377), daß im Frühling die Beschattung in Haselstrauch- und Eschenhainen noch sehr gering ist und die unbelaubten Zweige und Stämme der tiefer liegenden Vegetation noch viel Licht zukommen lassen, die Pflanzen aber doch nicht mehr das volle Tageslicht genießen, ist auch hier gemacht worden. Diese Feststellung Hesselmanns gilt aber nicht nur für Laubwiesen oder Auenwälder, sondern für Wälder oder Gebiete mit Baum- und vor allem dichtem Strauchbestand ganz allgemein.

Darstellungen der Oberlichtverhältnisse an Hand von photographischen Aufnahmen, die senkrecht nach oben gemacht worden sind, sind meines Wissens bisher noch nicht veröffentlicht worden. Ich konnte bei späterer Durchsicht der Literatur nur ein Zitat bei Cieslar (1904, S. 16) finden, wonach „zu Anfang der neunziger Jahre des verflossenen Jahrhunderts ... Hofrat Friedrich Untersuchungen über das Verhältnis der Baumkronen zu den Baumlücken in verschieden dichten Beständen gemacht" hat, „um auf diesem Wege Anhalte für die Beurteilung der Beschirmung beziehungsweise der Belichtung zu erhalten. F. konstruierte zu diesem Zwecke einen photographischen Apparat, dessen lichtempfindliche Platte horizontal lag, so daß beim Photographieren die Horizontalprojektion der Bäume zur Aufnahme gelangte. ..."

Zusammenfassend läßt sich über die an den einzelnen Standorten beobachteten Lichtverhältnisse aussagen, daß sie deutlich durch verschiedenen absoluten und relativen Lichtgenuß voneinander abweichen. Im Frühjahr (4. 4.—4. 5.) schwankt der relative Lichtgenuß in den Mittagsstunden zwischen 0,43 (U) und 0,76 (R, Rk). Bei voller Belaubung der Bäume (3. 6. bis Mitte Oktober) sinken die Werte und liegen nun zwischen 0,02 (UB) bzw. 0,03 (U) und 0,50 (M). Die Deutung der Lichtverhältnisse (absoluter und relativer Lichtgenuß) an den verschiedenen Standorten ist auf Grund der Berücksichtigung von Ober- und Vorderlicht möglich gewesen. Feststellungen anderer Autoren über das Sinken des relativen Lichtgenusses bei steigender Lichtintensität konnten bestätigt werden.

Methodik der Messung von Luft- und Bodentemperaturen und Luftfeuchtigkeit.

Zur Messung der Luft- und Bodentemperaturen an den untersuchten Standorten (U, R, M) wurden gewöhnliche Laboratoriumsthermometer verwandt, die vorher genau miteinander verglichen worden waren.

Die experimentellen Schwierigkeiten, die einer Messung der Temperatur der Bodenoberfläche als Grenzschicht zwischen Luft und Boden entgegenstehen, sind bekannt, da immer die Gefahr besteht, entweder nur die Temperatur der direkt dem Boden auflagernden Luftschicht oder der allerobersten Bodenschicht zu messen. Für die vorliegende Untersuchung wurde die Temperatur auf der Bodenoberfläche mit einem Laboratoriumsthermometer gemessen, dessen Quecksilberkugel an den Boden angedrückt wurde und nach oben frei lag. So stellte diese Messung streng genommen bereits eine Messung der Temperatur einer bestimmten Bodenschicht dar, was auch in den Ergebnissen der Temperaturmessungen zum Ausdruck kommt.

Eine weitere Frage war, ob für die Messungen der Lufttemperatur geschützte oder ungeschützte Thermometer Verwendung finden sollten. Firbas (1924, S. 261/262) ist der Meinung, daß „als einziges verläßliches Instrument zur Bestimmung der ‚wahren Lufttemperatur' ... das Aspirationspsychrometer Assmanns" gelten kann, da nur bei diesem die Gewähr einer Ausschaltung des Einflusses der Insolation gegeben sei. „Eine Bestimmung der Lufttemperatur durch festliegende Thermometer ist dagegen auch im Schatten und an trüben Tagen abzulehnen (wegen des Einflusses der dunklen Wärmestrahlung, Reflexion); ganz entschieden natürlich eine solche in der Sonne, da die resultierenden Insolationstemperaturen in derart hohem Maße vom Bau des Instrumentes abhängen, daß sie auch als solche keine sichere Grundlage für Vergleiche abgeben." Auch Schleuderthermometer genügen nach Firbas den Anforderungen nicht. Markgraf (1922, S. 4) benutzt dagegen ungeschützte Thermometer zur Messung der Lufttemperatur mit der Begründung, daß „die Gewächse nicht dem meteorologischen Mittelwert, sondern der Gesamtheit aller äußeren Einflüsse ausgesetzt sind" und deshalb „das Anbringen einer Schutzhütte und das Schleudern des Thermometers, das die Strahlung aus der Umgebung aus der Angabe der Lufttemperatur ausmerzen soll, ... nicht richtig gewesen" wäre. Auch Kessler (1926, S. 116) zieht die ungeschützte Aufstellung der Thermometer einer geschützten vor, „weil dadurch eher die für die Pflanzen in Betracht kommenden Temperaturen gemessen werden". Auch ich habe bei meinen Messungen aus diesen Gründen mit ungeschützten Thermometern gearbeitet.

Die Insolation wurde mit Schwarzkugelthermometern (geschwärzte Kugel im Vakuum) gemessen.

Die Luftfeuchtigkeit wurde mit dem Aspirationspsychrometer von Assmann ermittelt. Hierbei war zu überlegen, ob nicht die Messung mit einem Haarhygrometer vielleicht in Taschenuhrform wie dem Lamprechtschen Haarhygrometer vorgenommen werden sollte, wie es von Stocker (1923, S. 145) geschehen ist. Stocker lehnt

die Psychrometer und Taupunktsinstrumente ab als „für die Klimamessung auf kleinstem Raum nicht geeignet, weil sie die natürliche Feuchtigkeit durch den zu ihrem sicheren Arbeiten notwendigen starken Luftzug in unkontrollierbarer Weise ändern" (1923, S. 145). Dieser Einwand hat natürlich seine Berechtigung. Geiger (1930, S. 12) kommt zu der Feststellung, daß alle bisherigen Meßgeräte ungeeignet für die Messung der Luftfeuchtigkeit sind. Darin schließt Geiger auch die Haarhygrometer bis auf ein für bodennahe Beobachtungen von Büdel konstruiertes Instrument ein. Weiter hält Geiger die Erreichung einer hinreichenden Meßgenauigkeit mit den heute üblichen Feuchtigkeitsmeßmethoden nicht für möglich. So wurde in meinem Fall auf die Verwendung von Haarhygrometern verzichtet und das Assmannsche Psychrometer mit Inkaufnahme seiner Mängel benutzt. Wie die gewonnenen Ergebnisse zeigen, haben aber doch charakteristische Unterschiede zwischen den einzelnen Standorten damit erfaßt werden können, was letzten Endes die Anwendung des Psychrometers rechtfertigt.

Ergebnisse der Temperaturbeobachtungen.

Die einzelnen Standorte unterscheiden sich hinsichtlich der Stärke und Dauer der Sonneneinstrahlung, wie aus der Darstellung der Lichtverhältnisse zu schließen ist, weiter hinsichtlich der Bodenstruktur, der Bodenfeuchtigkeit und auch hinsichtlich der Luftfeuchtigkeit.

Die Temperatur einer Lokalität wird in erster Linie durch die Stärke der Sonneneinstrahlung und die spezifische Wärme bzw. die Wärmeleitfähigkeit des betreffenden Mediums bestimmt. Spezifische Wärme und Wärmeleitfähigkeit sind wiederum von weiteren Faktoren abhängig, die für die Luft als Medium hauptsächlich der jeweilige Feuchtigkeitsgehalt und für den Boden einmal ebenfalls der Wassergehalt und zum anderen die Bodenart sowie die Bodenstruktur sind.

So sind für die drei Standorte unterschiedliche Temperaturverhältnisse zu erwarten, die im Frühjahr zugunsten des trockensten und im Laufe des Sommers wahrscheinlich zugunsten des der stärksten Einstrahlung ausgesetzten Standortes ausfallen werden, weil im Frühjahr die Sonne zu allen Standorten Zutritt hat, im Sommer aber die Belaubung dem Zutritt der Sonne hinderlich ist, und deshalb der Standort mit den günstigsten Vorderlichtsverhältnissen vermutlich auch die stärkste Erwärmung aufweisen wird. Von den Feuchtigkeitsverhältnissen kann es dann abhängen, in welchem Maße eine Aufnahme der durch Sonnenstrahlung zugeführten Wärmemenge

an den einzelnen Standorten möglich ist, was sich auf die Größe der Tagesamplitude auswirken müßte.

Es ist allen Standorten gemeinsam (Tab. 65), daß die Luft- und Bodentemperaturen zu den drei Beobachtungszeiten (8.00, 13.00 und 19.00 bzw. 18.30 und 18.00 Uhr im Herbst) von Ende März bis Juli ansteigen und dann wieder abfallen. Weiter ist überall das Temperaturgefälle nach dem tiefsten Meßpunkt hin (— 20 cm) gerichtet, d. h., die Luft ist im Mittel wärmer als der Boden. Es sind nur zwei Ausnahmen hiervon zu verzeichnen, und zwar für die Zeit von Anfang Oktober bis Anfang November für die Beobachtungszeiten um 8.00 und 18.00 Uhr. Die Luft hat sich entsprechend der Jahreszeit schon stark abgekühlt; aber der Boden mit seiner größeren spezifischen Wärme gibt die Wärme nur langsam ab, so daß hier die Lufttemperatur im Mittel unter der Bodentemperatur liegt.

Für den Vergleich der drei Standorte habe ich die Temperaturen für 100 und 0,4 cm über dem Boden und 5 cm im Boden in erster Linie herausgegriffen.

Für die Lufttemperatur in 0,4 cm Höhe ist bemerkenswert, daß die Temperatur am Mentha-Standort morgens höher (einzige Ausnahme 8 Uhr-Beobachtung im April) und abends niedriger als an den beiden anderen Standorten ist. Die Mittagstemperaturen des Ranunculus-Standortes liegen entweder über denen des Urtica- und Mentha-Standortes oder sind ihnen wie im September und Oktober (U) oder Juli und September (M) gleich; nie aber sinken die Werte des Ranunculus-Standortes unter diejenigen der beiden anderen Standorte. Urtica- und Ranunculus-Standort sind weiter dadurch voneinander unterschieden, daß im April und Mai morgens und abends die Temperaturen am Urtica-Standort höher als am Ranunculus-Standort liegen. Im Juni und Juli tauschen beide Standorte in dieser Hinsicht ihre Plätze aus. Bei der 19 Uhr-Beobachtung im August macht sich schon wieder eine Umstellung bemerkbar. Die Werte beider Standorte sind zu dieser Zeit gleich, und einen Monat später hat der Wert am Urtica-Standort bereits den des Ranunculus-Standortes zur gleichen Beobachtungszeit überschritten. Im Oktober sind die Werte um 8.00 und 18.00 Uhr am Urtica-Standort über die entsprechenden am Ranunculus-Standort gestiegen. Die Temperaturdifferenzen sind aber die ganze Beobachtungsperiode über nie hoch, sondern betragen immer nur wenige Zehntelgrad. Schließlich wären noch die Mittagswerte vom Urtica- und Mentha-Standort miteinander zu vergleichen. Hier ist festzustellen, daß im April die Mittagstemperaturen am Mentha-Standort tiefer liegen, in den folgenden Monaten bis zum Juli die Urtica-Werte überschreiten, im August unter diese zurücksinken, im folgenden Monat wieder zu ihrer Höhe ansteigen, um dann im Oktober anscheinend

Tabelle 65.

Luft- und Bodentemperaturen.

Beobachtungsmittel 30. 3.—3. 11. 33.

Datum	Zeit	100	10	0,4	0	—0,5	—5	—10	—20 cm
30. 3.	8.00	7,2	7,5	7,7	6,7	6,6	5,7	5,6	6,3 U
bis		7,1	7,5	7,3	7,0	6,6	5,8	5,7	6,1 R
29. 4.		7,4	7,9	7,6	7,4	6,5	5,4	5,2	5,7 M
	13.00	12,4	12,8	12,7	13,5	12,2	8,5	6,9	6.5
		12,2	12,9	13,4	12,9	11,6	8,0	6,8	6,4
		11,4	12,5	11,8	11,2	10,4	7,6	6,5	5,4
	19.00	9,7	8,6	8,0	8,6	8,7	8,6	7,8	7,0
		9,9	8,7	7,9	8,5	8,8	8,5	7,6	6,7
		9,3	8,1	7,2	8,3	8,2	8,0	7,3	6,3
3. 5.	8.00	12,6	12,6	12,4	11,7	11,2	10,6	10,6	10,6
bis		12,6	12,3	12,2	11,7	11,2	10,8	10,8	10,7
27. 5.		12,9	13,5	13,1	12,8	12,4	11,1	10,8	10,9
	13.00	16,7	16,8	15,8	15,4	14,6	12,4	11,3	10,7
		16,8	17,7	17,3	17.2	16,1	12,7	11,5	10,8
		16,8	17,0	16,1	15,8	14,5	12,7	11,6	10,9
	19.00	14.6	13,9	13,5	13,6	13,4	13,2	12,3	11,2
		14,7	13,9	13.4	14,2	14,0	13,6	12,7	11,3
		14,0	13,1	12,9	14,1	14,0	13,6	12,8	11,3
3. 6.	8.00	15,6	15,2	14,9	14,4	14,2	13,7	13,5	13,2
bis		15,8	15,3	15,1	14,7	14,7	14,0	13,8	13,4
21. 6.		15,9	16,3	16,7	16,1	15,2	14,3	14,0	13,7
	13.00	18,6	18,1	17,4	16,5	16,2	14,8	13,9	13,3
		19,0	18,8	19,4	18,0	17,6	15,0	14,1	13,5
		19,0	18,8	18,5	18,1	17,3	15,7	14,8	13,9
	19.00	17,4	16,7	16,0	15,7	15,5	15,3	14,4	13,5
		17,6	16,8	16,5	16,2	16,4	15,7	14,9	13,7
		16,9	15,7	15,7	16,5	16,7	16,4	15,7	14,1
15. 7.	8.00	19,1	18,5	18,3	17,4	17,2	16,6	16,4	16,1
bis		19,1	18,7	18,5	17,6	17,4	17,2	16,6	16,4
29. 7.		19,2	19,3	19,3	18,5	17,7	17,4	17,1	16,8
	13.00	22,4	21,5	20,9	19,9	19,2	17,9	16,9	16,4
		22,7	22,2	21,6	20,7	19,9	18,4	17,3	16,6
		22,4	21,9	21,6	20,7	19,7	18,7	17,6	16,9
	19.00	20,2	19,6	19,5	18,9	18,7	18,3	17,5	16,6
		20,3	19,9	19,7	19,4	19,3	19,0	18,0	17,1
		19,1	19,3	19,3	19,5	19,4	19,2	18,4	17,4
3. 8.	8.00	15,6	15,5	15,5	15,4	15,2	15,1	15,3	15,4
bis		15,6	15,5	15,7	15,9	15,8	15,9	15 9	16,0
30. 8.		15,6	15,7	16,1	16,0	16,0	15,9	15,9	15,8
	13,00	20,0	19,5	18,8	18,0	17,4	16,6	16,0	15,6
		20,2	20,0	19,6	19,4	18,3	17,3	16,5	16,2
		19,8	18,6	18,1	17,6	17,4	16,8	16,4	16,1
	19.00	17,2	16,7	16,8	16,9	17,0	16,8	16,6	16,1
		17,4	16,8	16,8	17,2	17,4	17,4	16,8	16,4
		16,4	16,0	16,3	16,8	16,9	16,9	16,7	16,2
2. 9.	8.00	12,8	12,8	12,8	12,2	11,9	12,1	12,6	12,8
bis		12,8	13,0	13,1	12,4	12,4	12,5	13,0	13,2
30. 9.		13,0	13,0	13,2	12,3	12,3	12,4	12,4	13,0
	13.00	16,3	16,2	15,8	15,4	14,6	13,6	12,9	12,8
		16,6	16,2	15,8	15,4	14,6	13,8	13,3	13,3
		16,3	16,0	15,8	14,4	14,0	13,3	12,9	13,0
	18.30	15,4	15,2	15,0	14,2	14,1	14,0	13,5	13,0
		15,5	15,0	14,9	14,3	14,1	14,3	13,7	13,5
		14,7	13,8	13,8	13,5	13,7	13,9	13,3	13,1
4. 10.	8.00	7,2	7,2	7,4	7,6	8,0	8,4	9,0	9,8
bis		7,1	7,1	7,2	7,9	8,1	8,8	9,6	10,2
3. 11.		7,0	7,0	7,5	7,7	8,2	8,4	9,2	10,1
	13.00	13,2	13,3	12,3	12,3	11,1	10,3	9,8	10,2
		13,3	12,8	12,3	11,5	10,7	10,3	10,2	10,6
		12,9	12,2	11,8	11,1	10,3	9,9	10,0	10.4
	18.00	10,4	10,4	10,5	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2
		10,7	10,3	10,1	10,3	10,3	10,1	10,3	10,3
		9,9	9,5	9,8	9,6	9,7	10,0	10,2	10,3

endgültig unter die Werte des Urtica-Standortes bis zum nächsten Frühjahr zu sinken. Im Oktober ist die Rangordnung des Frühjahres (April) für die einzelnen Standorte im Prinzip wieder hergestellt.

Es besteht also ein ziemlich planmäßiger Wechsel in der Lage der Temperaturen der Standorte zueinander, wenn man von dem Mittagswert des Mentha-Standortes im August vielleicht absieht. Um 8.00 Uhr morgens ist der Mentha-Standort (einzige Ausnahme April) am wärmsten, dann folgen der Urtica-Standort in den Monaten April, Mai und Oktober bzw. der Ranunculus-Standort in den dazwischen liegenden Sommermonaten Juni bis September. Um 13.00 Uhr liegen die höchsten Temperaturen am Ranunculus-Standort und nur in zwei Fällen (Urtica-Standort September und Oktober, Mentha-Standort Juli und September) erreichen die anderen Standorte diese Werte. Um 19.00 bzw. 18.00 Uhr ist der Mentha-Standort am kältesten, dann folgen der Urtica-Standort in den Monaten April, Mai, September und Oktober bzw. der Ranunculus-Standort wieder im Sommer im Juni und Juli; im August sind die Werte dieser beiden Standorte gleich.

Für die Messung in 100 cm Höhe (Tab. 65) sind ähnliche Verhältnisse zu beobachten. Um 8.00 Uhr morgens ist es am Mentha-Standort am wärmsten mit Ausnahme der Monate August (Temperaturen an allen Standorten gleich) und Oktober (0,2° kühler als am wärmsten Standort-U). Dem Mentha-Standort am nächsten liegt im April und Oktober der Urtica-Standort, und in den übrigen Monaten folgt dem Mentha-Standort der Ranunculus-Standort (Mai, Juni), oder Urtica- und Ranunculus-Standort sind in ihren Werten gleich (Juli bis September). Um 19.00 bzw. 18.00 Uhr sind die Verhältnisse die ganze Beobachtungsperiode über eindeutig. Der Ranunculus-Standort ist immer am wärmsten, und dann folgen Urtica- in geringem und Mentha-Standort in größerem Abstand. Nur im Oktober zeigt auch der Urtica-Standort einen stärkeren Abfall gegenüber dem Ranunculus-Standort, ohne jedoch die Rangordnung zu verschieben. Mittags ist in der Regel der Ranunculus-Standort am wärmsten. Im April liegt der Wert am Urtica-Standort um 0,2° höher, aber in allen folgenden Monaten wird der Ranunculus-Standort von den anderen nicht mehr überschritten, sondern nur vom Mentha-Standort in zwei Fällen (Mai, Juni) erreicht. Für den Urtica- und Mentha-Standort lassen sich keine derartigen Regelmäßigkeiten in ihrem gegenseitigem Verhalten zueinander erkennen.

Für die Beobachtungen in 10 cm Höhe lassen sich ganz analoge Ausführungen machen und ähnliche Unterschiede für die einzelnen Standorte in den betreffenden Monaten herausstellen.

Im Sommer weist also tatsächlich derjenige Standort, nämlich der Ranunculus-Standort, der das meiste Vorderlicht empfängt, im großen und ganzen die günstigsten Temperaturverhältnisse auf.

Die Bodentemperaturen lassen sich leichter übersehen. Im April sind, abgesehen zunächst von den Werten bei 0 und — 0,5 cm, die Werte am Urtica-Standort am höchsten, dann folgen Ranunculus- und Mentha-Standort. Um 8.00 Uhr liegt zwar der Wert am Ranunculus-Standort für — 5 cm um 0,1° höher als am Urtica-Standort, aber in den täglichen Beobachtungsmitteln ist der Urtica-Standort günstiger gestellt. Für die Zeit von Mai bis Juli hat sich die Reihenfolge umgekehrt, indem jetzt der Mentha-Standort an der Spitze steht. Wenn im Mai noch die 13.00- und 19.00-Uhr-Werte in 5 cm Tiefe und die 13.00-Uhr-Werte in 20 cm Tiefe vom Ranunculus- und Mentha-Standort gleich sind, haben sie sich in den beiden folgenden Monaten deutlich von einander abgehoben. Im August ist wieder eine Umstellung in der Reihenfolge zu verzeichnen. Jetzt liegen die Temperaturen des Ranunculus-Standortes über denen des Mentha-Standortes mit Ausnahme der 8.00 Uhr-Messung, wo die Werte in 5 und 10 cm Tiefe gleich sind. Im September setzt eine weitere Verschiebung ein. Während für die 8.00 Uhr-Werte (ausgenommen — 10 cm) die Reihenfolge des Vormonats (R, M, U) noch erhalten bleibt, schiebt sich um 12.00 und 19.00 Uhr der Urtica-Standort in 5 cm Tiefe zwischen die beiden anderen, so daß eine Annäherung an das Bild des Frühjahres erzielt wird. Für — 10 und — 20 cm bleiben die Verhältnisse zunächst praktisch unverändert. Im Oktober wird die Ähnlichkeit für — 5 cm noch größer, indem morgens der Urtica-Wert dem Mentha-Wert und dem Ranunculus-Wert entspricht, abends aber, genau wie im Frühjahr um 12.00 und 19.00 Uhr, über den beiden anderen liegt, so daß wieder die ursprüngliche Reihenfolge U, R, M zu beobachten ist. In 10 und 20 cm Tiefe jedoch erweist sich der Mentha-Standort immer noch als wärmer.

In 0 und 0,5 cm Tiefe macht sich der tägliche Temperaturgang sehr stark bemerkbar. Es finden sich deshalb hier ebenfalls die häufigen Überschneidungen, wie sie von den Lufttemperaturen her bereits bekannt sind.

Faßt man die Feststellungen über die Luft- und Bodentemperaturen kurz zusammen, ohne dabei auf die Ausnahmen besonders Rücksicht zu nehmen, so läßt sich sagen, daß im Frühjahr der Urtica-Standort am stärksten erwärmt wird. Im Sommer ist, so weit die Lufttemperaturen und die Temperaturen in 0 und 0,5 cm Tiefe in Frage kommen, der Ranunculus-Standort am günstigsten gestellt. Die relativ besten Vorderlichtverhältnisse an diesem Standort können also gleichzeitig als ein Ausdruck für die hier im Mittel relativ stärkste Sonneneinstrahlung angesehen werden.

Im Herbst übernimmt wieder der Urtica-Standort den Platz des Ranunculus-Standortes. Für die Temperaturen in 5 bis 20 cm Tiefe ist im Frühjahr die stärkste Erwärmung am Urtica-Standort und bis zum Juli dann am Mentha-Standort zu verzeichnen. Die im September einsetzende Verschiebung bei — 5 cm läßt die allmähliche Übernahme der ersten Stelle durch den Urtica-Standort nach vorherigem Wechsel der Positionen von Mentha- und Ranunculus-Standort (August) erkennen, so daß bei den Luft- und Bodentemperaturen (hier aber nur bis — 5 cm) im Oktober die Frühjahrsverhältnisse praktisch wieder erreicht werden. Für die Temperaturen in 10 und 20 cm Tiefe bleiben die Verhältnisse des Sommers vorläufig noch erhalten.

Es liegt nahe, analog wie bei den Lichtmessungen, die Temperaturverhältnisse an den einzelnen Standorten durch die verschiedene Einstrahlung, bedingt durch die verschiedenartige Belaubung und Bestandesdichte der Bäume und Sträucher, in Verbindung mit Luft- und Bodenfeuchtigkeit auch im einzelnen zu deuten. Eine in diesem Sinne versuchte Auswertung hat aber zu keinem greifbaren Ergebnis geführt. Immerhin konnte aus den angestellten Beobachtungen folgendes Ergebnis gewonnen werden:

a) Im Frühjahr, wenn die Bäume und Sträucher noch unbelaubt sind und die Sonne zu allen Standorten Zutritt hat, weist an heiteren Tagen der feuchtere Standort einen schwächeren Temperaturanstieg und entsprechend auch -abfall und damit eine geringere Tagesamplitude gegenüber trockneren Standorten auf.

b) Im Frühjahr brauchen an trüben Tagen die Lufttemperaturen keine typischen Unterschiede aufzuweisen, während die Bodentemperaturen an trockeneren Standorten höher liegen.

c) Für die Übergangszeit Frühjahr-Sommer bei teilweiser Belaubung der Bäume und Sträucher haben die Messungen nicht ausgereicht, um einen befriedigenden Einblick in die Gestaltung der Temperaturverhältnisse zu gewinnen. Es bleibt zunächst nur übrig, sich mit dem allgemeinen Ergebnis, das die Mittelwerte geliefert haben, zu begnügen.

d) Im Sommer bei voller Belaubung der Bäume und Sträucher zeigt stets der Standort die stärkste Erwärmung, der den Sonnenstrahlen den besten Zutritt gewährt. Luft- und Bodentemperaturen brauchen sich dabei nicht gleichartig zu verhalten. Nach den Beobachtungsmitteln vom 3. 6. sind die Lufttemperaturen am Ranunculus-Standort höher als am Mentha-Standort, während in bezug auf die Bodentemperaturen das Verhältnis umgekehrt ist. Die Luftfeuchtigkeit spielt für die Temperaturgestaltung aller Wahrscheinlichkeit nach nur eine untergeordnete Rolle, während die Bodenfeuchtigkeit für die Temperaturverhältnisse wichtiger ist.

e) An trüben Tagen im Sommer sind die Unterschiede zwischen den einzelnen Standorten ausgeglichener und treten nicht in dem

starken Maße in Erscheinung wie an sonnigen Tagen. Im Prinzip sind sie aber wiederzufinden, wie das Vorhandensein der höchsten Lufttemperaturen am Ranunculus-Standort besagt. Ein Einfluß der Luftfeuchtigkeit kann nicht nachgewiesen werden.

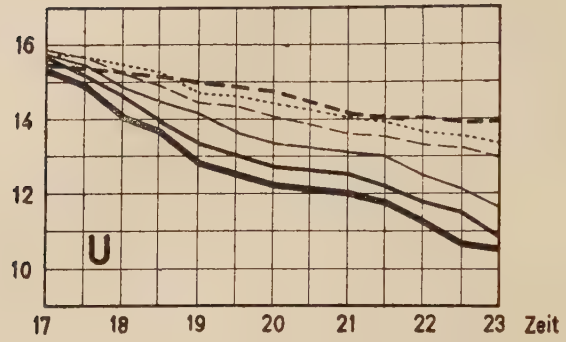
f) Im Herbst sind die Temperaturverhältnisse sehr stark ausgeglichen. Ähnlich wie im Frühjahr verhalten sich die Standorte gleichartig.

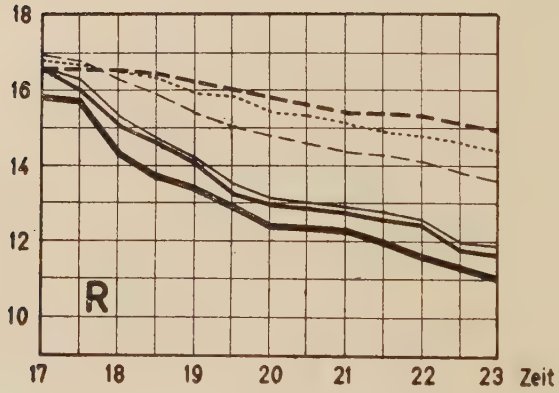
Die meiste Aussicht, das Verhalten der drei Standorte zu erklären, bieten die Bodentemperaturen, weil die Standorte durch verschiedenen Feuchtigkeitsgehalt ihrer Böden während der ganzen Beobachtungsdauer gut charakterisiert sind. So ist erklärlich, daß im Frühjahr der feuchteste Standort am kältesten ist. Im Sommer sind die Verhältnisse dahin auszulegen, daß der Mentha-Standort deshalb im Durchschnitt die höchsten Temperaturen aufweist, weil hier der Boden vermöge seines hohen Feuchtigkeitsgehaltes die größten Wärmemengen aufnehmen kann und auch einer genügenden Bestrahlung durch die Sonne ausgesetzt ist. Im Hochsommer (August) setzen aber schon wieder Verschiebungen ein, die nicht mehr in klarer Weise zu deuten sind. Vermutlich beruht dies darauf, daß in diesem Monat vornehmlich heitere Tage erfaßt worden sind, was der Grund dafür sein könnte, daß der Ranunculus-Standort als etwas trockenerer und daher leichter erwärmbarer Standort als der Mentha-Standort um 13.00 und 19.00 Uhr höhere Bodentemperaturen als letzterer aufweist.

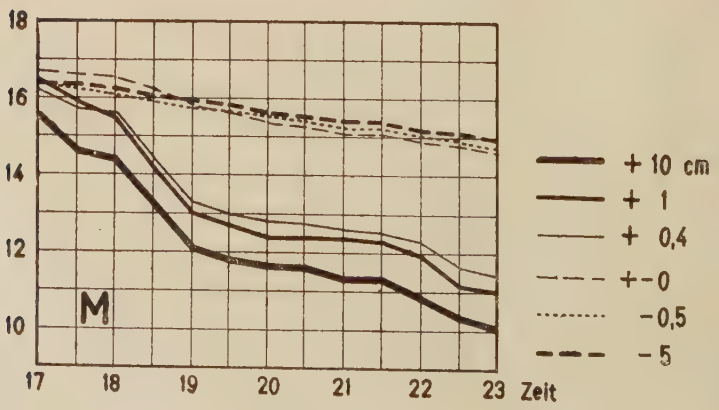
Die nächtlichen Temperaturmessungen (22./23. 8. 33, 17./18. 10., 8./9. 11.) liefern unterschiedliche Ergebnisse bei den einzelnen Standorten, sind aber in zu geringer Zahl angestellt, um sie verallgemeinern zu können. In der Nacht vom 22. zum 23. 8. 33 war der Himmel im Gegensatz zu den beiden anderen nächtlichen Beobachtungen weitgehend unbewölkt, so daß hier mit einer stärkeren Ausstrahlung zu rechnen war. Für den Urtica-Standort bilden sämtliche Kurven (Kurve 2) ein einziges Strahlenbündel, die sich an den beiden anderen Standorten in zwei Bündel auflösen (R: Kurve 3, M: Kurve 4). Das eine Kurvenbündel umfaßt die Lufttemperaturen (10—0,4 cm) und das andere die Bodentemperaturen (0—10 cm). Deutlich ist zu beobachten, wie die scharfe Trennung beider Kurvenbündel am Mentha-Standort am stärksten herausgearbeitet ist. Die beiden anderen Messungen sind in trüben Nächten durchgeführt und zeigen keine derartigen Besonderheiten. Für alle Standorte haben die Kurven den gleichen Verlauf. Erst weitere Messungen an ähnlichen Standorten werden zeigen können, inwieweit hier bestimmte Gesetzmäßigkeiten vorliegen, indem vielleicht Standorte mit geringem Kronenschluß in klaren Nächten einen deutlicheren Abstand von Luft- und Bodentemperaturen infolge stärkerer Wärmeausstrahlung aufweisen als Standorte mit dichterer Belaubung, analog wie es nach Geiger (1927, S. 170) für die Größe der Tages-

Luft-u. Bodentemperaturen

22.-23.8.33







schwankung in Laub- und Nadelwäldern mit ihrem verschieden dichten Kronendach zutrifft.

Im übrigen bestätigen die Temperaturmessungen einige aus der Waldklimalehre her bekannte Tatsachen, wie im folgenden ausgeführt werden soll.

Der Waldtyp, der nach Geiger (1927, S. 153) für die klimatologische Betrachtung als Normaltyp angesehen werden kann, ist durch ein geschlossenes, gleichmäßiges Kronendach charakterisiert, was hier für den Urtica-Standort zutreffen würde. Durch das Kronendach wird ein Luftraum (S) von der freien Atmosphäre (A) abgetrennt. „Diese gesonderte Luftmasse S hat zwar durch das Kronendach hindurch Verbindung mit A, das Wesen des Waldklimas, d. h. des Klimas des Luftraumes S, liegt aber darin, daß diese Verbindung infolge der starken Bremsung jeder Luftbewegung im Kronendach mit seinen tausend Blättern bzw. Nadeln nur unvollkommen ist" (Geiger 1927, S. 153), was zu einer Verringerung der klimatischen Gegensätze im Luftraum S gegenüber der freien Atmosphäre führt und so ein gemäßigteres Waldklima gegenüber dem Freilandklima bedingt (Geiger 1927, S. 153).

Das Temperaturmaximum liegt in Höhe des Kronendaches, weil die Sonnenstrahlen „fast restlos von den Baumkronen abgefangen" werden (Geiger, S. 154). „Um Mittag dagegen können vereinzelte Sonnenstrahlen zwischen den Kronen hindurch in den Stammraum und zum Boden dringen, dies um so mehr, je lockerer der Bestandesschluß ist. ... So kann es um Mittag zu einem zweiten örtlichen Temperaturmaximum kommen, daß an oder über der Waldbodenoberfläche liegt" (S. 155). Diese Tatsache findet durch die hier angestellten Temperaturmessungen ihre volle Bestätigung. Die Temperaturmaxima werden meist in 0,4 cm Höhe über dem Waldboden beobachtet, wofür fast jede der ganztägigen Messungen Beispiele liefert. Es kann auch im Laufe eines Tages mehrfach vorkommen, daß die Temperaturen in allernächster Nähe des Bodens die Werte der bodenferneren Meßpunkte übersteigen. Die Häufigkeit solcher Scheitelpunkte in der Tageskurve und die Höhe (Temperatur) des Maximums zeigen nun recht eindeutige Beziehungen zum Bestandesschluß. Der Urtica-Standort weist das dichteste Kronendach auf, und dementsprechend erreichen die Temperaturen in 0,4 cm Höhe im Sommer bei voller Belaubung nie die hohen Werte, wie sie an den anderen Standorten beobachtet werden. Zählt man die Fälle zusammen, in denen die Temperaturen in 0,4 cm Höhe als deutliche Scheitelpunkte über den Werten der 10 cm-Kurve liegen, so ergeben sich für den 3. 6. bzw. 26. 7. (Zahlen hierfür in Klammern gesetzt) am Urtica-Standort 1 (0), am Ranunculus-Standort 3 (3) und am Mentha-Standort 3 (4) Fälle. Die Amplitude (nicht aber das Beobachtungsmittel) ist dabei in der Regel am Mentha-Standort am größten, was seinem Charakter

als Standort mit dem geringsten Kronenschluß entsprechen würde. Allerdings liegen die Verhältnisse am Mentha-Standort nicht immer so klar, was durch die verschiedene Abschirmung vor allem des Ranunculus- und Mentha-Standortes nach Süden hin bedingt sein dürfte.

In Übereinstimmung mit den Ausführungen über das Temperaturmaximum am Boden befinden sich die Ergebnisse der Insolationsmessungen. Am Ranunculus- und Mentha-Standort werden im Vergleich zum Urtica-Standort immer höhere Insolationswerte beobachtet. Der am Urtica-Standort oft eingipfelige und bei den beiden anderen Standorten mehrgipfelige Verlauf des Temperaturganges gibt ein Bild von der Häufigkeit der direkten Sonneneinstrahlung an diesen Standorten.

Die Tatsache, daß die nächtliche Wärmeausstrahlung von der Kronenoberfläche aus erfolgt und infolgedessen eine Temperaturzunahme vom Boden nach oben zu, verursacht durch das Absinken der kalten Luft von der Kronenhöhe aus, vorhanden sein muß (Geiger 1927, S. 156), kann nach den beiden bei voller Belaubung durchgeführten nächtlichen Messungen (22./23. 8. und 17./18. 10.) nicht beobachtet werden. Es wird in beiden Fällen eine leichte Temperaturabnahme von der Bodenoberfläche bis 50—10 cm Höhe festgestellt. Von 10 bzw. 50 cm Höhe sinkt die Temperatur nur noch unbeträchtlich (durchschnittlich um 0,1 bis 0,2°). Besonders am 17./18. 10. ist aber auch der Fall nicht selten, daß in 10 und 150 cm Höhe die Temperaturen gleich sind. Es hat also keine weitere Temperaturabnahme mit der Höhe stattgefunden. Diese Beobachtungen befinden sich nicht im Gegensatz zu der Darstellung von Geiger, wie es zuerst den Anschein haben mag. „Eine Temperaturabnahme von unten nach oben ... würde nur möglich sein, wenn der Luftaustausch im Waldinneren so behindert ist, daß das Absinken der kalten Luft von den Kronen langsamer erfolgt, als die stets fortschreitende Abkühlung an den Kronen vor sich geht. Dies ist aber nach den Beobachtungen mit modernen Instrumenten ... nicht der Fall" (Geiger 1927, S. 156). Auf S. 156 führt Geiger ein Beispiel an, wonach er nur einmal eine Temperaturabnahme, und zwar vom Stammraum zu den Kronen gefunden hat. Vom Waldboden bis zum oberen Stammraum in 5,8 m Höhe stellt er eine stetige Temperaturzunahme fest. Dieses Beispiel von Geiger bekommt aber ein anderes Aussehen, wenn man beachtet, daß eine Temperaturzunahme nicht direkt vom Waldboden, sondern von einer Höhe von 50 cm über dem Waldboden aus gemeint ist. Meine Messungen stellten eine Temperaturabnahme bis zu dieser Höhe und von dort an bis 150 cm so gut wie keine weitere Veränderung der Temperatur fest; in einzelnen Fällen ist sogar eine leichte Temperaturzunahme zu beobachten, so daß es also durchaus möglich sein kann, daß von dieser Höhe an eine Temperaturzunahme bis

zum Kronenansatz eintritt. Der Temperaturabfall vom Boden bis in 10 bzw. 50 cm Höhe könnte darauf beruhen, daß das Absinken der kalten Luft von den Kronen aus bis zu dem Raum von 10 bis 50 cm langsam vor sich geht und eine in ganz geringer Entfernung von der Bodenoberfläche sich bemerkbar machende Wärmeausstrahlung des Waldbodens innerhalb dieses schmalen Luftraumes von 10—50 cm über dem Boden einen Abfall der Temperaturen mit der Höhe bewirkt. Wenn auch die beiden hier angeführten Beobachtungen keine Lösung dieses Problems bringen, so weisen sie doch darauf hin, den nächtlichen Temperaturverhältnissen in dem Raum dicht über dem Boden besondere Beachtung zu schenken.

Für die Tatsache, daß „das Minimum der Temperatur ... im Waldinnern erst 1—1½ Stunden nach Sonnenaufgang erreicht wird" (Geiger 1927, S. 160), liegen keine Beobachtungen vor.

Tabelle 66.

Luft- und Bodentemperaturen.
Tagesamplitude.

Tag	Beobachtungszeit	U	R	M	Höhe
30. 3.	7^{00}—18^{30}	16,6	17,0	16,2	150
33.		20,9	18,7	11,8	0,4
		2,7	1,9	2,3	—10
26. 7.	4^{30}—19^{00}	10,1	11,0	11,6	150
33.		7,8	12,2	9,4	0,4
		1,8	1,4	1,4	—10

Bestätigt werden kann durch die Temperaturbeobachtungen wieder, daß die Tagesamplitude im Frühjahr vor der Belaubung der Bäume und Sträucher größer ist als im Sommer. Es braucht dabei nur auf die Beobachtungen vom 30. 3. 33 und 26. 7. (Tab. 66) hingewiesen werden. „... der noch kahle Laubwald nimmt an der zum Sommer hin steigenden Tagesschwankung der Temperatur im freien Lande Anteil. Mit dem Erscheinen des Laubes ... bildet sich ein gemäßigtes Waldklima aus" (Geiger 1927, S. 170). In Übereinstimmung hiermit befinden sich auch die bei Vallin (1925, S. 78/79) wiedergegebenen Thermographenkurven, die deutlich den Einfluß der Belaubung auf die Größe der Tagesamplitude zeigen.

Es war versucht worden, die Temperaturverhältnisse der einzelnen Standorte als durch Sonnenstrahlung und Luftfeuchtigkeit bedingt zu erklären. Die Unmöglichkeit einer derartigen Deutung ließ schon erkennen, daß das gesamte Problem recht komplexer Natur sein muß. Aus der mittags in der Regel zu beobachtenden Temperaturzunahme vom Boden nach oben hin ist zu schließen, daß die Erwärmung der Luft nicht vom Waldboden, sondern von der Umgebung her erfolgt (vgl. Geiger 1927, S. 173). Aber auch der andere Fall ist zu beobachten, daß nämlich die durch das Kronendach

fallenden Sonnenstrahlen zur Erwärmung vom Boden aus führen, so daß also dann eine Abnahme der Temperatur mit der Höhe erfolgt (z. B. 26. 7., Tab. 66, Mentha-Standort 14.30 Uhr). Wie bereits aus der Besprechung über das Temperaturmaximum am Boden sowie über die Insolation hervorging, ist der Fall der Erwärmung vom Boden aus an den offeneren Standorten (R, M) häufiger realisiert als am Urtica-Standort mit seiner dichten Belaubung. Wenn, wie Geiger (1927, S. 172/173) nach Untersuchungen von Wrede berichtet, auch der Verlauf und die Stärke der Windströmung von Einfluß ist, so ist dies eine Bestätigung dafür, daß allein unter Zugrundelegung einfacher Beziehungen die Temperaturverhältnisse mehrerer, wenn wie hier auch dicht beieinander liegender, in ihrem Aufbau aber voneinander verschiedener Standorte nicht haben erklärt werden können.

Die mehrfach festgestellte Tatsache (z. B. Schubert, 1929, S. 67), daß der Waldboden im Gegensatz zum freien Felde kühler als die Waldluft ist, findet in den vorliegenden Untersuchungen ihre Bestätigung. Markgraf (1922, S. 36) kommt bei Vergleich der mittleren Luft- und Bodentemperaturen im Walde zu dem Ergebnis, daß im November und Dezember (1919) in dem von ihm untersuchten Gebiet (Bredower Forst bei Berlin) die Bodentemperaturen höher als die Lufttemperaturen waren. Die Ursache hierfür sieht er in dem Schutz des Bodens durch die aufliegende Laub- bzw. Schneedecke. In den Beobachtungsmitteln kommt diese Tatsache in meinem Fall für die 8 Uhr-Beobachtung von Anfang Oktober bis Anfang November (Tab. 65) zum Ausdruck. Auch orientierende Messungen in den Wintermonaten haben gezeigt, daß der Boden in dieser Jahreszeit wärmer zu sein pflegt als die Luft. Bei den ganztägigen Messungen ist sehr schön zu sehen, wie mit fortschreitender Jahreszeit die Lufttemperaturen (anfänglich nur zu Beginn der Messungen) immer tiefer unter die Bodentemperaturen absinken und der Schnittpunkt der Bodentemperaturkurven mit denen der Lufttemperaturen immer weiter nach Mittag hin verschoben wird. Damit wird gleichzeitig die Amplitude der Lufttemperaturen kleiner, bis schließlich die Lufttemperaturen die Bodentemperaturen nicht mehr übersteigen. Auch für die Bodentemperaturen selbst ist eine ähnliche Entwicklung zu erkennen. Während Ende des Frühjahrs und in den Sommermonaten die 20 cm-Kurve unter den übrigen Kurven verläuft und auch morgens nur selten von ihnen geschnitten wird, findet von Ende August ab eine stetige Veränderung in der relativen Lage der 20 cm-Kurve statt, indem sie im Vergleich zu den anderen Kurven nach oben verschoben wird, bis sie im Herbst über den anderen Kurven verläuft.

Für den Vergleich der Bodentemperaturen an den einzelnen Standorten sei noch nachgetragen, daß die Temperaturen sich nach den Lockerheitsabstufungen der Böden angeordnet haben. Ein Bo-

den ist um so dichter, je mehr er sich dem Zustand der Einzelkornstruktur nähert. Die physikalische Bodenanalyse hat ergeben, daß der Urtica-Boden als lockerster und der Mentha-Boden als dichtester anzusehen ist. Apsits (1934), der Versuche über die Erwärmung verschieden dichter Böden angestellt hat, kommt dabei zu dem Ergebnis, daß „im Durchschnitt für die ganze Versuchszeit (Mai bis August) der Vegetationsperiode sowohl in den Morgen- als auch in den Mittags- und Abendstunden die Temperatur mit der Zunahme der Lockerheit des Bodens systematisch fällt" (S. 257). Die Erwärmung der von Apsits beobachteten vier Böden mit verschiedenen Lockerheitsabstufungen verlief derart (S. 255/6), daß im Mai der mitteldichte und lockere Boden noch wärmer waren als der lockerste und allerdichteste. Dies würde in meinem Fall etwa der Gleichheit der Bodentemperaturen am Ranunculus- und Mentha-Standort in den Mittags- und Abendstunden im Mai in 5 cm Tiefe (Tab. 65) entsprechen. Im Juni werden die höchsten Temperaturen von Apsits bei den beiden dichtesten Böden beobachtet, bis schließlich im Juli und August der allerdichteste Boden die höchsten Temperaturen zeigt, was dem Verhalten des Mentha-Bodens entsprechen würde, der in den Sommermonaten als dichtester Boden die höchsten Temperaturen aufweist.

Wenn hier die Beobachtungen aus 5 cm Tiefe mit den Messungen von Apsits, die aus 15 cm Tiefe stammen, verglichen worden sind, so ändert dies an dem Endergebnis nichts, da in meinem Fall die Messungen in 10 und 20 cm Tiefe genau denen aus 5 cm Tiefe entsprechen.

Apsits weist bei seinen Untersuchungen darauf hin (S. 258), daß er die verbreitete Annahme, die Lockerheit des Bodens fördere seine Erwärmung und das Verharren bei einem höheren Wärmegrad, nicht habe bestätigen können. Ob aus meinen Ergebnissen der gleiche Schluß zu ziehen ist, möchte ich nicht ohne weiteres behaupten, da sich die Böden nicht unter gleichen klimatischen Bedingungen wie bei Apsits befunden haben. Die verschiedene Belaubung an den einzelnen Standorten und die dadurch beeinflußte direkte Bestrahlung des Bodens kann durchaus in dem Sinne auf den Boden eingewirkt haben, daß der feuchtere Boden trotz seiner besseren Wärmeleitfähigkeit die höheren Temperaturen aufweist. Auch die Ergebnisse aus dem Frühjahr, wonach der Mentha-Standort als Standort mit dem höchsten Feuchtigkeitsgehalt des Bodens die niedrigsten Bodentemperaturen von allen drei Standorten bei annähernd gleichmäßiger Sonneneinstrahlung besitzt, würden zugunsten des Satzes sprechen, daß die Wärmeleitfähigkeit eines Bodens um so geringer ist, je mehr Luft er enthält (Geiger 1930, S. 7). Auch nach Apsits (1934, S. 267) unterliegt „die Temperatur der Ackerkrume ... dem Einfluß deren Struktur, dennoch sind die Zusammenhänge zwischen der Temperatur und

den Dichtigkeits-Lockerheitsstufen des Bodens nicht immer und unter jeglichen Umständen die gleichen". Es soll jedoch auf diese Probleme nicht weiter eingegangen werden. Es mag an dieser Stelle genügen, auf die Ähnlichkeiten in der Entwicklung der Bodentemperaturen an den drei Standorten mit den Beobachtungen von Apsits hinzuweisen, ohne jedoch aus dieser Tatsache gleiche Folgerungen wie Apsits zu ziehen.

Ergebnisse der Luftfeuchtigkeitsmessungen.

1. Relative Luftfeuchtigkeit.

Es ist allen Standorten gemeinsam, daß die relative Luftfeuchtigkeit mit Annäherung an den Boden zunimmt. Diese Tatsache ist von vielen Beobachtungen her bereits bekannt (vgl. Geiger 1930, S. 16). Es können zuweilen auch Abweichungen vorkommen; aber sie sind selten und immer nur geringfügig, so daß sie nicht in der Lage sind, die hier gewonnenen Mittelwerte zu beeinflussen. Weiterhin ist bei allen Standorten gleich, daß die Größe der Tagesamplitude mit zunehmender Belaubung geringer wird. Gleichzeitig damit steigen auch die Werte der relativen Luftfeuchtigkeit selbst an. Eine Zunahme der Tagesschwankung und Abnahme der Luftfeuchtigkeit im August ist darauf zurückzuführen, daß vor allem heitere Tage erfaßt worden sind. Im Oktober ist die Zunahme der Amplitude und Abnahme der Werte bereits auf den Einfluß der Entlaubung zurückzuführen. Zu ähnlichen Feststellungen ist auch Vallin (1925, S. 80) gelangt. Die Luftfeuchtigkeit verhält sich also hierin ganz ähnlich wie die Temperatur.

In den Monaten August bis Oktober sind die drei Standorte scharf voneinander unterschieden. Zu allen Beobachtungszeiten wird am Mentha-Standort die höchste und am Urtica-Standort die geringste Luftfeuchtigkeit beobachtet. Fast ohne Ausnahme trifft dies für die Messung direkt über dem Boden zu. Nur einmal (Oktober, 8 Uhr) ist die mittlere Luftfeuchtigkeit am Ranunculus-Standort um 0,5% geringer als am Urtica-Standort. Für die Beobachtung in 100 cm Höhe sind von August bis Oktober mehrfach Abweichungen festzustellen, die sich aber sämtlich nur auf den Ranunculus-Standort beziehen. In den Monaten September und Oktober ist es um 13 und 19 Uhr am Ranunculus-Standort trockener als am Urtica-Standort, was auch im täglichen Beobachtungsmittel für beide Monate zum Ausdruck kommt. Die in 10 cm Höhe im Juli sichtbare Abweichung (13 Uhr) liegt in gleicher Richtung. Im täglichen Beobachtungsmittel erweist sich der Ranunculus-Standort im Vergleich zum Urtica-Standort aber

Tabelle 67.

Relative Luftfeuchtigkeit (r), absolute Luftfeuchtigkeit (a), Sättigungsdefizit (Sd).

Beobachtungen vom 30. 3.—3. 11. 33. Beobachtungsmittel.
(Messung: 1. Reihe 100 cm, 2. Reihe 10 cm, 3. Reihe direkt über dem Boden)

Datum	Zeit	Urtica r	Urtica a	Urtica Sd	Ranunculus r	Ranunculus a	Ranunculus Sd	Mentha r	Mentha a	Mentha Sd
30. 3.	8.00	78,2	6,0	1,78	77,9	6,0	1,69	76,5	6,0	1,91
bis		80,6	6,3	1,58	80,9	6,5	1,48	79,4	6,4	1,80
29. 4.		91,4	7,0	0,74	91,7	7,1	0,65	91,0	7,2	0,81
	13.00	56,8	6,3	5,13	58,3	6,6	4,76	56,4	6,3	5,14
		60,2	6,9	4,99	59,5	6,9	4,88	61,3	6,8	4,62
		67,8	7,7	4,20	73,0	8,6	3,24	72,3	7,7	3,38
	19.00	68,1	6,1	3,26	68,1	6,3	3,28	68,6	6,1	3,11
		76,7	6,6	2,26	77,6	6,6	2,14	78,0	6,7	1,81
		84,8	7,1	1,47	87,0	7,5	1,11	89,8	7,2	0,87
3. 5.	8.00	74,0	8,1	2,94	74,3	8,2	2,84	73,5	8,2	2,51
bis		81,4	9,0	2,17	84,1	9,1	1,77	81,3	9,3	2,12
27. 5.		89,7	9,7	1,34	90,8	9,7	1,10	90,6	10,2	1,21
	13.00	60,5	8,3	6,43	61,5	8,7	6,14	58,3	8,2	6,80
		66,0	9,2	5,68	67,9	10,2	5,62	65,4	9,2	5,84
		76,6	10,5	3,89	78,1	11,8	3,84	81,0	11,5	2,69
	19.00	74,6	9,2	3,51	73,0	9,3	3,78	76,5	9,3	3,13
		85,3	10,3	1,91	87,9	10,6	1,57	90,2	10,3	1,20
		91,7	10,9	1,04	94,0	11,2	0,76	94,9	10,9	0,62
3. 6.	8.00	83,3	11,0	2,33	83,0	11,1	2,37	87,0	11,8	1,80
bis		93,0	12,1	0,94	90,8	12,2	1,11	92,0	12,9	1,13
21. 6.		97,5	12,3	0,31	97,3	12,6	0,33	96,9	13,9	0,47
	13.00	74,4	11,8	4,30	73,6	12,0	4,52	73,4	12,0	4,56
		83,6	12,8	2 33	83,7	13,7	2,76	84,4	13,7	2,52
		93,1	13,8	1,02	94,4	15,4	0,96	93,6	15,0	0,96
	19.00	77,3	11,8	3,49	82,5	12,2	2,65	80,3	11,5	2,85
		87,0	12,3	1,91	99,8	12,7	1,65	94,8	12,7	0,71
		96,0	13,2	0,45	97,3	13,8	0,38	97,5	12,2	0,34
15. 7.	8.00	85,1	14,2	2,50	86,3	14,3	2,32	88,4	14,7	1,98
bis		93,6	15,0	1,03	94,5	15,3	0,89	95,4	16,2	0,80
29. 7.		97,1	15,3	0,47	97,8	16,4	0,35	97,8	16,7	0,39
	13.00	77,0	15,6	4,58	75,2	15,6	5,04	82,6	16,6	3,49
		89,2	17,1	2,05	87,7	17,6	2,41	93,6	18,5	1,20
		94,5	17,5	1,17	93,8	18,0	1,13	97,0	18,7	0,58
	19.00	86,2	15,2	2,60	87,6	15,6	2,29	92,6	15,8	1,32
		94,2	16,1	1,02	96,0	16,6	0,71	96,6	16,3	0,59
		97,0	16,5	0,52	98,1	17,0	0,34	99,0	16,7	0,19
3. 8.	8.00	88,8	11,8	1,51	86,7	11,6	1,74	90,4	12,1	1,37
bis		92,9	12,3	0,93	94,0	12,4	0,82	94,5	12,8	0,75
30. 8.		97,4	12,9	0,34	98,0	13,6	0,27	98,1	13,4	0,26
	13.00	68,4	12,0	5,70	68,0	12,1	5,80	73,3	12,8	4,90
		79,6	13,5	3,60	83,4	14,7	3,04	90,7	14,7	1,50
		91,6	14,9	1,39	94,3	16,5	1,11	96,5	15,6	0,56
	19.00	79,7	11,8	3,14	82,0	12,1	2,79	87,5	12,5	1,79
		88,5	12,8	1,71	91,4	13,3	1,24	96,1	13,3	0,53
		93,6	13,5	0,92	97,0	14,1	0,45	98,6	13,9	0,19
2. 9.	8.00	94,2	10,5	0,74	94,5	10,5	0,68	94,6	10,6	0,69
bis		96,1	10,6	0,49	96,9	10,9	0,37	98,2	11,1	0,25
30. 9.		97,0	10,8	0,38	98,6	11,2	0,17	99,0	11,3	0,11
	13.00	87,0	12,0	1,95	83,9	11,7	2,38	89,0	12,3	1,59
		89,7	12,3	1,35	93,7	12,9	0,93	95,7	13,0	0,62
		95,8	12,9	0,61	98,1	13,2	0,26	98,2	13,2	0,25
	19.00	87,6	11,5	1,62	85,9	11,3	1,89	90,5	11,2	1,20
		91,6	12,1	1,09	93,6	12,0	0,87	96,4	11,4	0,43
		95,2	12,3	0,59	97,6	12,4	0,29	98,0	11,7	0,23
4. 10.	8.00	86,1	6,8	1,21	86,2	6,8	1,15	89,8	7,0	0,82
bis		88,6	7,0	0,91	90,1	7,1	0,80	95,4	7,5	0,34
3. 11.		98,1	7,8	0,14	97,6	7,8	0,19	99,2	8,0	0,06
	13.00	72,6	8,0	3,25	72,0	7,9	3,54	76,5	8,3	3,44
		77,4	8,5	2,63	80,1	8,6	2,33	86,2	9,1	1,41
		89,9	9,4	1,09	91,3	9,6	1,03	97,1	9,7	0,50
	18.00	82,5	9,1	2,06	79,3	8,9	2,56	85,1	9,1	1,67
		86,6	9,4	1,55	88,6	9,5	1,38	95,2	9,7	0,54
		92,6	9,8	0,77	96,7	10,1	0,36	97,7	9,8	0,30

doch noch als feuchter, und zwar sowohl direkt über dem Boden als auch in 100 cm Höhe. Am Mentha-Standort werden immer die höchsten Werte der Luftfeuchtigkeit beobachtet.

So ist für die Sommermonate Juli bis September und den Beginn des Herbstes eine vollkommen eindeutige Charakterisierung der Standorte nach ihrer relativen Luftfeuchtigkeit möglich, indem die Standorte in der Reihenfolge U, R, M eine Zunahme der Luftfeuchtigkeit zeigen.

In den beiden Monaten April und Mai ist keine so klare Abgrenzung der Standorte voneinander möglich, wenigstens nicht nach den Messungen in 100 und 10 cm Höhe über dem Boden.

Die Differenzen zwischen den Werten in 100 cm Höhe an den einzelnen Standorten überschreiten in den Monaten April und Mai nur zweimal 2% (Mai 13 Uhr R-M, 19 Uhr M-R), so daß es hier zulässig ist, die Standorte nach ihren Mittelwerten als voneinander nicht unterschieden anzusehen. Im Einzelfall können mannigfache Unterschiede auftreten, die — besonders im Frühjahr — auch beträchtliche Ausmaße erreichen. Aber diesen Unterschieden liegt keine Gesetzmäßigkeit oder Regelmäßigkeit zu Grunde; sie können an allen und zwischen allen Standorten auftreten.

Ähnlich steht es mit der Beobachtung in 10 cm Höhe über dem Boden, wo ebenfalls — aber hier schon mit Ausnahme der Beobachtung von 19 Uhr — keine Regelmäßigkeiten in der Anordnung der Standorte für die Messungen von 8 und 13 Uhr zu erkennen sind. Werden jedoch die täglichen Beobachtungsmittel dieser Monate gebildet, so zeigt sich für März die Anordnung U, R, M, wenn sich auch die Standorte untereinander in ihren Werten nur um maximal 0,6% (M-U) unterscheiden. Im Mai wechseln Ranunculus- und Mentha-Standort in der Reihenfolge den Platz; der Urtica-Standort verbleibt mit den niedrigsten Werten an der Spitze. Im Juni zeigen sich schon deutliche Anklänge an die spätere Differenzierung der einzelnen Standorte. Die 8 Uhr-Werte lassen zwar noch nichts von der späteren Gestaltung der Verhältnisse erkennen. Bereits mittags sind Urtica- und Ranunculus-Standort in ihren Werten gleich und liegen über denen des Mentha-Standortes. Die 19 Uhr-Messung zeigt dann deutlich die Differenzierung der drei Standorte, wie sie von nun an zu allen Beobachtungszeiten beibehalten wird und wie sie, wenn auch mit geringeren Abständen, bereits im April und Mai um 19 Uhr zu beobachten war.

Bei der Messung direkt über dem Boden ist immer die Tendenz der Anordnung der Standorte in der Reihe U-R-M festzustellen. Im Mai ist nur eine geringfügige Abweichung hiervon vorhanden (Beobachtung um 8 Uhr, R: 90,8%, M: 90,6%), die aber nicht ins Gewicht fällt. Interessant ist, daß bei den Messungen im April, wo bei den Ablesungen von 8 und 13 Uhr Abweichungen zu erkennen sind (Reihenfolge R-U-M), das tägliche Beobachtungsmit-

tel doch die Reihenfolge U-R-M aufweist. Auch im Juni treten Abweichungen auf, die hier zur Umgestaltung der Reihenfolge (U-M-R) für das tägliche Beobachtungsmittel des Monats führen. Da die Unterschiede zwischen den Standorten aber recht gering sind (im Höchstfalle 0,4%), ist diesem Umstand keine größere Bedeutung beizumessen.

So kann für die Beobachtung direkt über dem Boden ausgesagt werden, daß die ganze Beobachtungsperiode hindurch nach den Mittelwerten der Urtica-Standort die geringste und der Mentha-Standort die höchste relative Luftfeuchtigkeit besitzen. Es ergibt sich, daß der Standort mit der geringsten Bodenfeuchtigkeit auch die geringste relative Luftfeuchtigkeit aufweist, was in analoger Weise für die anderen Standorte gilt. Die meisten Anklänge an dieses Verhalten zeigt die Messung in 10 cm Höhe, bei der sich die Differenzierung der Standorte bei den 19 Uhr-Beobachtungen im April und Mai zuerst zu erkennen gibt, im Juni deutlich wird und dann die ganze Beobachtungsperiode über beibehalten wird. Für die Messung in 100 cm Höhe sind derart strenge Regelmäßigkeiten nicht erkennbar.

Die relative Luftfeuchtigkeit zeigt in 100 und 10 cm Höhe besonders an heiteren Tagen einen ausgesprochenen täglichen Gang entgegengesetzt dem Temperaturverlauf, worauf z. B. auch Schubert (1929, S. 86) hinweist. Direkt über dem Boden ist ein solcher Tagesgang nicht immer zu erkennen. Auch an trüben Tagen ist der tägliche Gang der Luftfeuchtigkeit zu erkennen, nur ist die Größe der Tagesschwankung entsprechend geringer.

Die Unterschiede zwischen der relativen Luftfeuchtigkeit in 100 cm Höhe und direkt über dem Boden können selbst im Sommer ganz beträchtlich sein und auf über 30% ansteigen. In der Größenordnung werden hierbei Differenzen erreicht, wie sie in Wäldern auch von Stocker (1923, S. 147) und Geiger (1927, S. 162) beobachtet worden sind.

2. Absolute Luftfeuchtigkeit.

Da für die Vegetation die relative Luftfeuchtigkeit als eine die Transpiration in hohem Grade bestimmende Größe von Wichtigkeit ist, die absolute Luftfeuchtigkeit dagegen für die Vegetation ohne wesentliche Bedeutung ist, soll auf die Darstellung des Verhaltens der absoluten Luftfeuchtigkeit im Laufe der Beobachtungsperiode an den Standorten in den einzelnen Höhen verzichtet werden. Aus Tab. 67 ist als Wichtigstes zu entnehmen, daß die absolute Luftfeuchtigkeit gleichsinnig mit der Lufttemperatur bis zum Juli ansteigt und dann wieder absinkt.

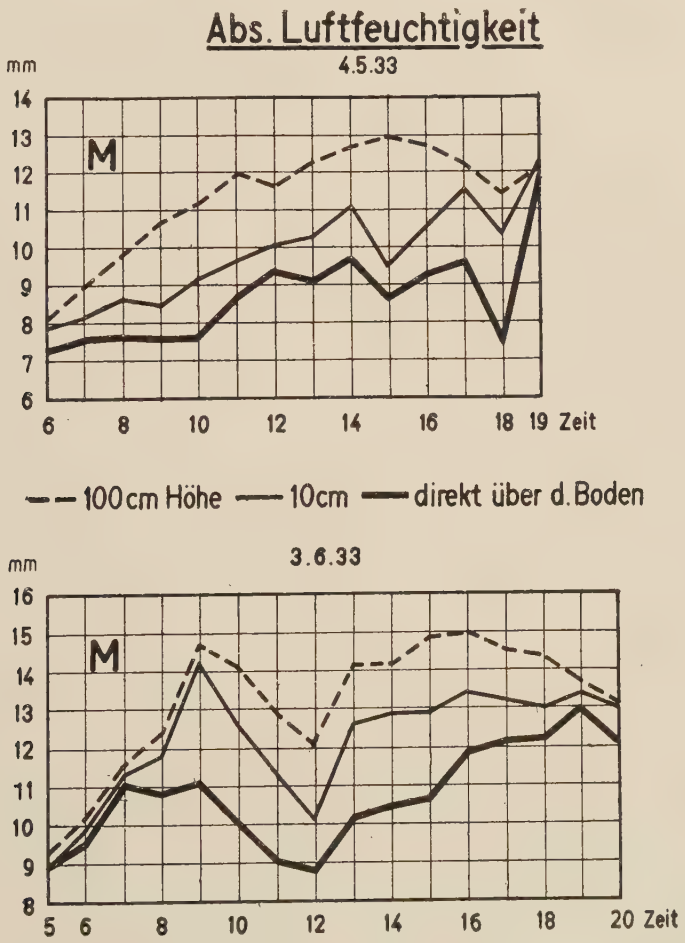
Nach Geiger (1930, S. 16) muß, „weil der Wasserdampf der Luft aus dem Boden stammt, ... relative und absolute Feuchtigkeit

mit der Erhebung über die Erdoberfläche abnehmen". Dies trifft streng genommen nur für unbewachsenen Boden zu. Vor allem bei dichter Vegetation wird auch ein Teil des Wasserdampfes von den Pflanzen selbst geliefert werden, so daß bei manchen Beobachtungen in 10 cm Höhe, also innerhalb der Vegetation, mitunter eine höhere absolute Feuchtigkeit festgestellt werden kann als direkt über dem Boden. Daß diese Fälle aber nicht allzu häufig sind, geht schon aus der Tabelle der Beobachtungsmittel hervor, aus welcher stets eine Zunahme der absoluten Feuchtigkeit mit Annäherung an den Boden herausgelesen werden kann.

Einige interessante Beobachtungen ließen sich über den täglichen Gang der absoluten Luftfeuchtigkeit machen. „Der tägliche Gang der absoluten Luftfeuchtigkeit ist durch das doppelte Auftreten von Minimum und Maximum charakterisiert. ... Das erste Minimum am Morgen ist durch die tiefe Temperatur verursacht, welche die Verdunstung herabsetzt. Das zweite Minimum am Mittag zeigt, daß bei der hohen Temperatur und der dadurch stark angeregten Verdunstung der Wassernachschub aus den Bodenschichten das abgegebene Wasser der Oberfläche nicht mehr hinreichend ersetzt: die Erdoberfläche trocknet aus. Wo aber Vegetation zugegen ist, schützt sich dieselbe künstlich gegen zu starke Transpiration" (Geiger, 1927, S. 68). Es handelt sich also hier um zweigipfelige Kurven. Man sollte nun eigentlich annehmen dürfen, daß im Walde — besser ausgedrückt: im mesophilen Laubwalde — die absolute Luftfeuchtigkeit gleichsinnig mit der Temperatur verläuft oder jedenfalls ein Minimum zur Mittagszeit nicht auftritt. In den meisten Fällen zeigt auch nach den hier durchgeführten Beobachtungen die absolute Feuchtigkeit einen täglichen Gang, wie ihn die Kurve 5 für den 4. 5. wiedergibt. Das erste Minimum, von dem Geiger spricht, ist immer vorhanden und jeweils zu Beginn der Messungen zu beobachten (4. 5. 6 Uhr). Im großen und ganzen zeigen die Kurven einen Anstieg bis Mittag und halten sich dann mit größeren oder kleineren Schwankungen auf derselben Höhe. Gegen Abend steigen die Kurven oft noch einmal über die Mittagswerte an.

Die einen Monat später ausgeführte Messung (3. 6., Kurve 6) zeigt dagegen das von Geiger beschriebene Bild mit dem Minimum der absoluten Luftfeuchtigkeit am Mittag. Beachtenswert ist dabei, daß direkt über dem Boden das Minimum nicht an allen Standorten, sondern in diesem speziellen Fall nur am Mentha-Standort beobachtet wird. Kurz nach Sonnenaufgang setzt der Anstieg der Kurven ein. Gegen 8 Uhr vormittags wird das erste Maximum erreicht, und die Kurven fallen bis 12 Uhr stetig. Dann steigen die Kurven bis 18.30 Uhr wieder an und fallen erneut. Ob hier das zweite Maximum erreicht worden ist, läßt sich nicht mit Bestimmtheit sagen. Jedenfalls geht aus den beiden dargestellten Fällen hervor, daß auch im Walde der charakteristische tägliche

Gang der absoluten Luftfeuchtigkeit, wie er von Beobachtungen im Freien her bekannt ist, wiedergefunden werden kann. Beachtenswert ist dabei noch, daß die Lufttemperaturen am 4. 5. und 3. 6. ähnlich sind, also der verschiedenartige Verlauf der Kurven an beiden Tagen nicht auf unterschiedliche Lufttemperaturen zurückgeführt werden kann.



Kurve 5 und 6.

3. Sättigungsdefizit.

„Ökologisch bedeutet das Sättigungsdefizit mehr als die relative Luftfeuchtigkeit" (Braun-Blanquet, 1928, S. 113), und zwar deshalb, weil mit Angabe dieser Größe gleichzeitig ein Maß

für die Verdunstung gegeben ist. Die relative Luftfeuchtigkeit allein bedingt nicht immer die Transpiration der Vegetation, sondern der ausschlaggebende Faktor ist das Sättigungsdefizit. So kann es vorkommen, wie Braun-Blanquet (1928, S. 113) anführt, daß Gebiete mit dauernd hoher relativer Luftfeuchtigkeit Wüstensteppencharakter tragen können (Südwestafrika), weil hier das Sättigungsdefizit und „damit die Verdunstung groß ist". „Die Verdunstung ist dem Sättigungsdefizit fast proportional" (Vallin, 1925, S. 93).

Im Frühjahr, wenn Bäume und Sträucher noch unbelaubt sind, ist die Tagesamplitude groß; aber mit Einsetzen der Belaubung werden die Gegensätze gemildert. Das Sättigungsdefizit wird absolut genommen, geringer und auch die Tagesschwankung kleiner. Vergleicht man die Kurven des Sättigungsdefizites mit denen der relativen Luftfeuchtigkeit, so wird man unschwer die große Ähnlichkeit, man kann bald sagen, Gleichartigkeit der Kurven nur mit umgekehrtem Vorzeichen erkennen. Hieraus ist zu schließen, daß — zumindest im vorliegenden Fall — die relative Luftfeuchtigkeit im Walde ein hinreichend genaues Bild von der an den Standorten herrschenden Verdunstungsgröße gibt. Im einzelnen sind aber doch Unterschiede zwischen beiden Kurvenbildern festzustellen, die dahin auszulegen sind, daß nicht in allen Fällen der Standort mit der geringsten Luftfeuchtigkeit auch gleichzeitig das höchste Sättigungsdefizit und damit die größte Verdunstung aufweist (z. B. September, Beobachtung um 19 Uhr). Dies liegt darin begründet, daß die relative Luftfeuchtigkeit nur das Verhältnis zwischen dem in der Luft vorhandenen und dem bei der augenblicklichen Temperatur möglichen Wasserdampfgehalt, ausgedrückt in Prozenten des letzteren, angibt, während bei der Berechnung des Sättigungsdefizites noch der Sättigungsdruck (die bei einer bestimmten Temperatur höchstmögliche Dampfspannung) berücksichtigt wird. Die Formel zur Berechnung des Sättigungsdefizites lautet $Sd = f.(1 - R/100)$ (vgl. Stocker, 1923, S. 146), wobei f den Sättigungsdruck und R die relative Luftfeuchtigkeit bedeuten.

Infolge der Ähnlichkeit des Verlaufes der Kurven von Sättigungsdefizit und relativer Luftfeuchtigkeit an den einzelnen Standorten lassen sich die Ausführungen über die relative Feuchtigkeit im großen und ganzen hierauf übertragen. Es genügt festzustellen, daß auch hier wie bei der relativen Feuchtigkeit die Anordnung der Standorte in der Reihenfolge U-R-M oft zu beachten ist; Ausnahmen sind jedoch, besonders bei der Messung in 100 cm Höhe, häufiger als bei der relativen Feuchtigkeit. Die Werte am Mentha-Standort sind vom Juli ab in allen Beobachtungshöhen deutlich von denen der beiden anderen Standorte abgesetzt. Am Urtica- und Ranunculus-Standort sind, soweit die Beobachtung in 10 cm Höhe in Betracht kommt, nur zwei Abweichun-

gen im Vergleich zum Verlauf der Kurven der relativen Luftfeuchtigkeit in der gleichen Zeit festzustellen, und zwar für die Beobachtung von 19 Uhr im September und 8 Uhr im Oktober. Im April und Mai können die Werte bei allen Standorten für die Höhen von 10 und 100 cm als praktisch gleich angesehen werden. Interessant ist, daß für die 19 Uhr-Beobachtungen dieser Monate die Reihenfolge U-R-M (wie schon bei der relativen Luftfeuchtigkeit) zu beobachten ist. Diese Beispiele mögen zur Erläuterung genügen.

Unterschiede in vertikaler Hinsicht können für das Sättigungsdefizit ganz beträchtlich sein. Stocker (1923, S. 145/146) hat Mitte Juli bei sonnigem, fast windstillem Wetter auf einer Wiese bei Freiburg i. Br. 100 cm über dem Boden in der freien Atmosphäre und 2 cm über dem Boden zwischen Gras und Lysimachia nummularia Sättigungsdefizite von 12,8 bzw. 1,2 festgestellt. Auch ich konnte ähnliche Fälle, allerdings nur im Frühjahr, beobachten. Als Beispiel sei auf die Beobachtung vom 30. 3. 33 verwiesen, wo um 13.45 Uhr am Ranunculus-Standort in 10 cm Höhe und direkt über dem Boden Sättigungsdefizite von 15,27 bzw. 3,62 festgestellt werden. Aber solche Fälle sind selten. Im Frühjahr werden nur selten Sättigungsdefizite über 8,00 gemessen, und auch die vertikalen Differenzen halten sich in mäßigen Grenzen, was sich am besten aus den Beobachtungsmitteln für die 13 Uhr-Messung entnehmen läßt.

4. Psychrometerdifferenz.

Nach Huber (1924, 1926) ist die Psychrometerdifferenz an windgeschützten Orten als Maß für die Verdunstungsgröße brauchbar. Die Beobachtungen lassen auch hier eine klare Differenzierung der Standorte voneinander erkennen. Zu allen Zeiten und in allen Höhen ist die Reihenfolge der Standorte stets U-R-M; am Urtica-Standort werden im Mittel immer die größten Psychrometerdifferenzen beobachtet.

So ergeben die Beobachtungen über die Luftfeuchtigkeit in all ihren verschiedenen Ausdrucksformen immer das gleiche Bild. Der Urtica-Standort mit den Eigenschaften des trockensten Standortes steht an der Spitze, dann folgen Ranunculus- und Mentha-Standort. Die Standorte nehmen damit die gleiche Rangordnung ein, wie sie bereits aus dem Vergleich der Standorte nach der Bodenfeuchtigkeit her bekannt ist. Die Gleichartigkeit erscheint als selbstverständlich, wenn man bedenkt, daß die Luftfeuchtigkeitsverhältnisse wesentlich vom Boden her als einem wichtigen Lieferanten des Wasserdampfes der Luft bedingt sind.

Vegetation und Standortsfaktoren.

Korrelationen zwischen Vegetation und Standortsfaktoren.

„Jede Pflanze ist ein Indikator. Dies ist eine unvermeidliche Folgerung aus der Tatsache, daß jede Pflanze das Produkt der Bedingungen ist, unter denen sie wächst, und daher ist sie auch ein Maßstab für diese Bedingungen" (Clements 1918).

Die physikalische und chemische Bodenbeschaffenheit des untersuchten Gebietes kommt in der Vegetation sehr deutlich zum Ausdruck. Es handelt sich hier um schwere und nährstoffreiche Böden, was schon in der außerordentlichen Üppigkeit der Vegetation zum Ausdruck kam.

Als Leitpflanzen kalkhaltiger Tonböden werden von Mevius (1931, S. 72) u. a. Corydalis cava und Tussilago farfara angeführt. Beide Arten kommen auf der Rabeninsel vor. Tussilago farfara kommt jedoch hier im speziellen Fall kein Indikatorwert zu, da diese Art nur in wenigen Exemplaren am Inselrand aufgefunden wurde. Es ist bei Angabe von Leitpflanzen immer der Grundsatz zu befolgen, daß nur dann eine Art als Leitpflanze für bestimmte Standortseigenschaften zu werten ist, wenn sie auch in größeren Beständen auftritt, da die „ökologische Amplitude" vieler Arten recht groß sein kann, ihre Hauptverbreitung aber in das optimale Gebiet fällt und nur hierfür der betreffenden Art ein Wert als Indikator zukommt. Auf kalkarmen Tonböden ist Galium aparine (Mevius, 1931, S. 72) charakteristisch. Auf der Rabeninsel sind weiter häufig Pflanzen anzutreffen, die als typisch für Lehmböden angesehen werden können, wie Veronica hederifolia und Ranunculus repens, und die auch auf verwandte Bodenarten, besonders Tonböden, übergehen können (Mevius, 1931, S. 73).

Hartmann (1923, S. 629) hat die Bodenvegetation des westdeutschen Eichenwaldes in ihren Beziehungen zur Bodenstruktur untersucht und nennt als gramineenartige, die auf normal zersetzten Böden mit mehr oder weniger gut gelagerter Krümelstruktur hindeuten, neben anderen Poa nemoralis, Milium effusum, Aira caespitosa, Festuca gigantea, Brachypodium silvaticum und Carex silvatica. Von Kräutern führt Hartmann u. a. Glechoma hederacea an.

Von besonderer Bedeutung sind diejenigen Pflanzen, die auf die chemischen Bodenverhältnisse Rückschlüsse ziehen lassen bzw. als Leitpflanzen für Böden mit bestimmten chemischen Eigenschaften anzusehen sind.

Kalkfeindliche Pflanzen werden auf der Rabeninsel wie auch in den Auenwäldern der Umgegend von Halle nicht angetroffen. Während kalkstete Pflanzen ebenfalls nicht auftreten, werden kalkholde Arten häufiger beobachtet, wie das Vorkommen von Clematis vitalba, Fragaria vesca, Plantago media (v. Linstow 1929, S. 42—50), Stellaria media, Potentilla reptans, P. anserina und Galium aparine (Eichinger 1930[1]) beweist. Auch Corydalis cava ist als Leitpflanze kalkhaltigen Tonbodens hierzu zu rechnen. Es sind dies aber alles mit Ausnahme von Galium aparine und Corydalis cava Arten, die auf der Rabeninsel keine allzu große Verbreitung besitzen. Auch in den Auenwäldern der Umgebung von Halle sind erstere nicht sonderlich häufig. Es hängt dies wahrscheinlich damit zusammen, daß die in der Literatur angeführten Artenlisten kalkholder Pflanzen meist nicht aus feuchten Laubwäldern stammen und daß die Flora solcher Laubwälder vorzugsweise unter anderen Gesichtspunkten als im Hinblick auf den Kalk betrachtet worden ist. Ein weiterer Grund mag darin liegen, daß mit dem Begriff der kalkholden und besonders der kalksteten Pflanzen bodenkundlich-chemische Gesichtspunkte meist mit gewissen klimatologischen Eigentümlichkeiten der betreffenden Standorte dieser Arten verknüpft worden sind. Kalkstete und kalkholde Pflanzen sind meist solche Arten, die auf stark kalkhaltigem Untergrund und ausgesprochen warmen Standorten vorkommen. Die kalksteten Pflanzen sind deshalb auch oft Xerophyten.

Aber auch in Wäldern wäre es wünschenswert, die Beziehungen zwischen Kalk und Vegetation einer näheren Betrachtung zu unterziehen. Das Problem würde sich gegenüber offenen Standorten schon dadurch vereinfachen, daß hier in erster Linie eine chemische Wirksamkeit des Kalkes auf die Vegetation in Frage kommt. Es können dabei auch weitgehend diejenigen Momente ausgeschaltet werden, die eine indirekte Wirkung des Kalkes auf die Vegetation auf dem Umweg über die Beeinflussung der Bodenstruktur darstellen. Ich denke besonders daran, daß in Gebieten mit hohem Grundwasserstand die Wurzeln der einzelnen Pflanzen, von Bäumen und Sträuchern einmal ganz abgesehen, häufig bis in das Grundwasser hinabreichen, das unter Umständen eine relativ hoch konzentrierte Lösung von Kalziumbikarbonat und Gips darstellen kann, wie die hier angestellten Untersuchungen gezeigt haben. Die Bearbeitung dieser Frage setzt aber in erster Linie eine genaue hydrographische und chemische Erforschung der Grundwasserverhältnisse in flußnahen Gebieten voraus.

Salisbury (1925, S. 317) nennt aus Quercus sessiliflora-Wäldern Englands bereits eine größere Anzahl kalkliebender

[1]) Beachte den Gegensatz zu Mevius (1931)!

Arten, von denen die folgenden auch auf der Rabeninsel und in den Auenwäldern der Umgegend von Halle größere Verbreitung erlangen können, wie Arum maculatum, Allium ursinum, Adoxa moschatellina, Ajuga reptans, Circaea lutetiana, Ficaria verna, Geum urbanum, Milium effusum und Glechoma hederacea.

Die indirekte Wirkung des Kalkes im Hinblick auf die Haltung der Wasserstoffionenkonzentration in der Nähe des Neutralpunktes und die günstige Beeinflussung der Humusbildung kommt in der Vegetation wieder gut zum Ausdruck. Frank (1927) gibt für Wälder auf Gneis in der Nähe von Freiburg i. Br. an, daß die Standorte von Urtica dioica, Geranium Robertianum, Impatiens noli tangere und Anemone nemorosa die geringsten Säuregrade aufweisen; von diesen Arten kommen die ersten drei auch auf der Rabeninsel vor. Da die Reaktion der untersuchten Böden als um ph 7 schwankend festgestellt wurde, ist die Zahl derjenigen Pflanzen, die ihr Hauptverbreitungsgebiet auf neutralen Böden haben, auf der Rabeninsel natürlich recht groß. Von wichtigeren Arten seien angeführt Aegopodium podagraria, Ficaria verna, Geum urbanum, Ajuga reptans, Calamagrostis lanceolata, Glechoma hederacea, Galium palustre, Ulmaria filipendula, Mentha aquatica, Agrostis alba (v. Linstow 1929, S. 164—166).

In ganz analoger Weise sind diejenigen Arten, die „charakteristisch für milden, in normaler Zersetzung befindlichen Humus" (Mevius 1931, S. 73) anzusehen sind, weit verbreitet. Nach Rubner (1920) gehören hierzu Impatiens noli tangere, Carex silvatica, Milium effusum. Zu den Humuszeigern sind weiterhin Leitpflanzen verschiedener Moortypen zu rechnen. Von Leitpflanzen der Niederungs- oder Wiesenmoore (Mevius 1931, S. 74) sind zu nennen Caltha palustris, Alnus glutinosa und Galium palustre. Schröter (1910, S. 133) nennt unter den Humuszeigern des Buchenwaldes Milium effusum.

Die Frage, ob die Ausbildung der in der untersuchten Bodensenke vorgefundenen drei Pflanzengesellschaften von Urtica und Glechoma, Ranunculus und Agrostis, sowie Mentha, Galium palustre und Polygonum durch einen der bisher besprochenen Faktoren bedingt sein kann, ist mit Nein zu beantworten. Die Pflanzen der drei Vereine wachsen sämtlich auf schwerem Boden, die Bodenreaktion ist neutral, und der Kalkgehalt der Böden zeigt keine so großen Differenzen, daß damit das Auftreten der einzelnen Pflanzenvereine begründet werden könnte. Der Kalk wirkt hier vielmehr in erster Linie indirekt durch Erhaltung der Bodenstruktur, durch die günstige Beeinflussung der Bodenreaktion und der milden Humusbildung.

Von besonderer Bedeutung für die Vegetation ist die Menge des

in aufnehmbarer Form zur Verfügung stehenden (mineralisierten) Stickstoffs. Für die untersuchten Pflanzenvereine, besonders die Urtica-Gesellschaft mit ihren Begleitpflanzen, ist charakteristisch, daß sie fast ausschließlich aus nitrophilen Pflanzen zusammengesetzt sind. Hesselmann (1917) gibt aus Buchenwäldern, Mischbeständen aus edlen Laubbäumen, Laubwiesen, Haintälchen und Erlenwäldern eine große Anzahl von Nitratpflanzen an, die, wie die folgende Aufzählung erkennen läßt, auf der Rabeninsel bzw. in den Auenwäldern der Umgegend von Halle häufig vorkommen. Es sind dies unter vielen anderen Anthriscus silvestris, Geranium Robertianum, Filipendula ulmaria, Stachys silvatica, Urtica dioica, Lactuca muralis, Brunella vulgaris, Ranunculus repens, Stellaria holostea, Geum urbanum, Corydalis cava, Veronica hederifolia, Glechoma hederacea, Viola silvatica, Adoxa moschatellina, Melandryum rubrum, Campanula trachelium, Poa nemoralis, Milium effusum, Aira caespitosa, Triticum caninum. Außer den hier genannten Arten werden bei v. Linstow (1929, S. 108—112) u. a. als nitrophil angeführt Galeopsis tetrahit, Galium aparine, Heracleum sphondylium, Lamium album, Plantago lanceolata, Stellaria media, Aegopodium podagraria, Clematis vitalba, Rumex conglomeratus, Sambucus nigra, Solanum dulcamara, Impatiens noli tangere. Frödin (1919), welcher nitrophile Pflanzengesellschaften auf den Almen Jämtlands untersucht hat, führt u. a. Ranunculus repens als ausgesprochene Nitratpflanze an (S. 272). Das Auftreten dieser Pflanzen deutet sowohl auf hohen Gehalt an mineralisiertem Stickstoff, besonders Nitratstickstoff, als auch gleichzeitig auf normale Nitrifikation hin. Beides hat sich bei der chemischen und mikrobiologischen Untersuchung der Böden ergeben. Als Ergebnis ist daraus abzulesen, daß der an den Standorten vorhandene hohe Gehalt an anorganischen Stickstoffverbindungen das Vegetationsbild in starkem Maße bestimmt. Alle hier aufgezählten Arten finden sich in der Artenliste der Rabeninsel wieder. Die meisten von ihnen sind auch in den Bestandesaufnahmen aus den Auenwäldern der Umgegend von Halle wieder zu finden. Da aber diese Bestandesaufnahmen bei weitem nicht alle dort vorkommenden Arten erfaßt haben, sei hier hinzugefügt, daß alle hier genannten Arten auch in diesen Auenwäldern vorkommen. Vergleicht man hiermit Artenlisten aus anderen Auenwäldern, so kommt man zu dem Ergebnis, daß in Auenwäldern ganz allgemein der Stickstoff eine ausschlaggebende Rolle spielt.

Von den Nitratpflanzen ist Urtica dioica von Olsen (1921) besonders behandelt worden. Seinen Untersuchungen ist nichts hinzuzufügen. Auf einen Umstand soll jedoch aufmerksam gemacht

werden. Olsen hat 20 Lokalitäten untersucht und den Nitratgehalt in 1 Liter Boden sofort und 25 Tage nach der Probenahme festgestellt. Olsen kam dabei zu dem Ergebnis, daß die Höhe der Brennesseln sich nicht nach dem augenblicklichen Nitratgehalt des Bodens richtet, sondern daß die Nitrifikationsenergie des Bodens maßgebend ist (S. 10). Eine Parallelität war zwischen Brennesselhöhe und dem 25 Tage nach der Probenahme ermitteltem Nitratgehalt feststellbar. Lundegardh (1930, S. 324) hat die Ergebnisse von Olsen in tabellarischer Form kurz wiedergegeben. Wenn dort die Überschriften der beiden Tabellenspalten „Entwicklung von Urtica dioica" (folgt darunter die Angabe der Höhe von Urtica) und „Nitratgehalt in 1 Liter frischem Boden" lauten, so entsteht dabei der Eindruck, als ob es sich um den sofort nach der Probenahme ermittelten Nitratgehalt handelt. Das ist aber nicht der Fall. Durch den Zusatz „25 Tage nach der Probenahme" wäre jeder Zweifel behoben. Es ist bedauerlich, daß Lundegardh in der zweiten Auflage seines Buches diese leicht mißzuverstehende Spalte seiner Tab. 34 nicht in dieser Weise berichtigt hat, zumal die Tabelle in dieser Form auch in einige weit verbreitete Werke Eingang gefunden hat. So habe ich diese Tabelle bei v. Linstow (1929, S. 110) und Dengler (1930, S. 172) wiederfinden können. Neuerdings hat auch Gassert (1934) diese Tabelle von Lundegardh übernommen.

Es ist bemerkenswert, daß bei den oben aufgezählten nitrophiphilen Arten solche aus dem typischen Mentha-Bestand nicht vorhanden sind, obwohl auch hier der Boden eine hohe Nitrifikationsenergie und hohe Nitrat- und Ammoniakstickstoffgehalte aufweist. Aus dieser Tatsache ist zu schließen, daß die Ausbildung der drei Pflanzenvereine der Bodensenke nicht durch die Stickstoffverhältnisse verursacht sein kann.

Ein weiterer für die Auenwälder wie auch für die Verbreitung der Pflanzen überhaupt außerordentlich wichtiger Faktor ist der Wasservorrat des Bodens. Siegrist (1913, S. 30) hat auf die große Bedeutung des Wassergehaltes in Auenwäldern hingewiesen und festgestellt, daß Überschwemmungen und Grundwasser für die Erhaltung der Auenwälder gleich wichtig sind. Die Niveauschwankungen des Grundwassers bedingen, daß bei der Seltenheit anhaltender Überschwemmungen die Baumwurzeln während längerer Zeit des Jahres naß stehen, „wodurch der wichtigste ökologische Faktor für die Anwesenheit von Auenwäldern erhalten bleibt". Die Auenwälder beschränken sich daher nicht nur auf die unterste Uferstufe, sondern sie treten auch auf höher gelegenen Stufen auf, „sobald Gießen oder flach streichendes Grundwasser dem Boden den nötigen Wassergehalt und die Wasserschwankungen verleihen" (S. 32). Es ist von diesem Gesichtspunkt aus verständlich, daß der Boden an denjenigen Stellen des Auenwaldes, die in verschiedener Höhe

über dem Grundwasserspiegel liegen, Unterschiede in der Bodenfeuchtigkeit aufweist, und daß Rückwirkungen auf die Vegetation nicht ausbleiben werden.

Es ist eine häufig zu beobachtende Tatsache, daß in Auenwäldern Arten vorkommen, die der Sumpf- oder Gewässerflora des betreffenden Auengebietes angehören (vgl. Wangerin 1909, S. 539). Die Arten des Mentha-Vereins sind sämtlich stark feuchtigkeitsliebende Arten. Sie haben den Standort besiedelt, der dem Grundwasserspiegel am nächsten liegt und die höchsten Werte der Bodenfeuchtigkeit aufweist. Vom Grundwasser weiter entfernte und weniger feuchte Standorte bewohnt der Ranunculus-Agrostis-Verein. Der Urtica-Bestand hat schließlich diejenigen Standorte in Besitz genommen, die am weitesten vom Grundwasserspiegel entfernt sind und die relativ geringste Bodenfeuchtigkeit zeigen. Die Standorte des Ranunculus- und Urtica-Vereins sind aber immer noch als feuchte Standorte anzusehen. So führt z. B. Strecker (1923) Agrostis stolonifera als Gras feuchter Standorte an, und Impatiens noli tangere wird von Feucht (1922) als charakteristische Pflanze feuchten Bodens bezeichnet.

Einen deutlichen Beweis für die durch den Feuchtigkeitsgehalt des Bodens hervorgerufene Anordnung liefern einmal die häufig durchgeführten Wassergehaltsbestimmungen, ferner die Tatsache, daß der Mentha-Standort in zunehmendem Maße von Elementen des Ranunculus-Vereins bei abnehmendem Feuchtigkeitsgehalt des Mentha-Bodens besiedelt wird. Im Herbst 1932 waren Entwässerungsgräben auf der Rabeninsel angelegt worden. Bis zum Sommer 1935 hat sich diese Maßnahme (ein solcher Graben läuft direkt am Mentha-Standort zwischen diesem und dem Ranunculus-Verein vorbei!) zur Entwässerung der tiefer liegenden Stellen der Rabeninsel dahin ausgewirkt, daß der Mentha-Verein verschwunden ist und nun dieses Gebiet als weniger feuchter Standort vom Ranunculus-Verein besiedelt wird. Der Urtica-Bestand hat in ganz analoger Weise weite Stellen, die vorher von dem Ranunculus-Bestand eingenommen wurden, überwachsen. Somit ist die ursprüngliche Annahme, daß die Anordnung der Vegetation in der Bodensenke in erster Linie durch den verschieden hohen Wassergehalt der Böden und ihre unterschiedliche Lage zum Grundwasserspiegel bedingt ist, durch die vorliegenden Beobachtungen und Untersuchungen bestätigt worden.

Der Lufttemperatur und der Luftfeuchtigkeit kommt ein bestimmender Einfluß auf die verschiedenartige Ausbildung und Anordnung der drei Pflanzenvereine nicht zu, da die Differenzen zwischen den einzelnen Standorten nur gering sind und auch nicht immer in gleicher Richtung liegen.

Für die Bodentemperaturen ist ein Einfluß auf die Pflanzen-

vereine feststellbar, der sich aber nur im Frühjahr im Hinblick auf die Entwicklung der Vegetation bemerkbar macht. Im Frühjahr häufige Überschwemmungen durch Druckwasser bringen es mit sich, daß der Boden sehr stark durchfeuchtet wird und infolgedessen der schnellen Erwärmung einen größeren Widerstand entgegensetzt. Wie die Messungen gezeigt haben, bleibt die Bodentemperatur am Mentha-Standort am weitesten hinter der der beiden anderen Standorte zurück. Die höchsten Bodentemperaturen zu dieser Zeit werden am Urtica-Standort gemessen. So kommt es, daß die Vegetation am Urtica-Standort Ende April am weitesten entwickelt ist, während der Ranunculus- und noch mehr der Mentha-Standort in ihrer Entwicklung zurückgeblieben sind.

Eine Behinderung der Vegetationsentwicklung am Mentha-Standort infolge mangelnder Durchlüftung des Bodens ist nicht anzunehmen, da die dort vorhandenen Pflanzen als Arten sumpfiger und damit sauerstoffarmer Orte an sich schon einen nur geringen Bedarf an Sauerstoff haben.

Für die Lichtverhältnisse ist als sicher anzunehmen, daß die Vegetation an den drei Standorten durch sie nicht bedingt wird. Elemente des Mentha-Bestandes kommen in Gebieten vor, die in ihrem Lichtgenuß dem Ranunculus-Bestand entsprechen, und auf der kleinen Ranunculus-Wiese gedeihen Ranunculus repens und Agrostis stolonifera ganz normal, obwohl dieser Standort sich in seinen Lichtverhältnissen sehr stark denen des Urtica-Standortes nähert. Andererseits können z. B. Urtica dioica und Glechoma hederacea inmitten des Ranunculus-Bestandes auftreten.

Gedanken zur Verallgemeinerung der Ergebnisse.

Cajander (z. B. 1922, S. 3) steht auf dem Standpunkt, daß an biologisch gleichwertigen Standorten zuletzt derselbe Pflanzenverein resultieren muß. Läßt man den Einwand von Brenner (1921) gelten, daß an biologisch gleichwertigen Standorten sich nicht immer der gleiche Pflanzenverein ausbildet, da auch mehrere Pflanzenvereine dieselben Forderungen an den Standort stellen können, so ist aber immerhin die Umkehrung des Satzes von Cajander gültig, was auch Brenner zugeben muß. Somit können alle diejenigen Standorte, an denen derselbe Pflanzenverein auftritt, gegenüber allen Pflanzenvereinen dieser Art als biologisch gleichwertig betrachtet werden. Aus diesem Grunde sind die Vegetationsverhältnisse der Rabeninsel und der Auenwälder der Umgegend von Halle eingehend besprochen worden, um die Gleichartigkeit der Vegetation auch in Einzelheiten aufzeigen zu können. Da dieses Ziel erreicht worden ist, ist es somit als zulässig anzusehen, die am Urtica-

Standort und dem dort vorgefundenen Pflanzenverein, der für die Auenwälder der Umgegend von Halle typisch ist, beobachteten ökologischen Verhältnisse auf diese Auenwälder zu übertragen. Inwieweit eine Verallgemeinerung der Ergebnisse auf mitteldeutsche und weiterhin mitteleuropäische oder Auenwälder ganz allgemein möglich ist, kann noch nicht entschieden werden, da bisher zu wenig quantitative Vegetationsaufnahmen und exakte Vegetationsbeschreibungen aus Auenwäldern vorliegen. Es gibt zwar schon eine große Anzahl von Veröffentlichungen, in denen über die Vegetation von Auenwäldern aus den verschiedensten Teilen Mitteleuropas berichtet wird, aber die Angaben über Vorkommen, Häufigkeit und Vitalität der dort beobachteten Arten und Pflanzenvereine sind meist zu allgemein gehalten, als daß daraus ein einwandfreies Bild über die quantitative Zusammensetzung der Pflanzenvereine gewonnen werden könnte. Dies war der zweite Grund für die eingehende Beschreibung der hier auf der Rabeninsel und in der Umgebung von Halle vorgefundenen Pflanzenvereine des Auenwaldes. Nur genaue quantitative Vegetationsaufnahmen können als exaktes Vergleichsmaterial Verwendung finden.

Das gesamte Problem der Verallgemeinerung von ökologischen Beobachtungen ist aber gegenwärtig aus den erwähnten Gründen noch so kompliziert, daß es hier nur andeutungsweise behandelt werden kann.

Der Auenwald stellt eine floristisch wohl charakterisierte Formation dar. Eine floristische Eigentümlichkeit scheint darin zu bestehen, daß der Auenwald keine Charakterarten im Sinne von Braun-Blanquet aufweist. Alle Arten des Auenwaldes werden auch in feuchten Laubwäldern angetroffen, hier zum Teil in ähnlich großer Verbreitung wie im Auenwald selbst. Man braucht nur einmal den Artenbestand des Auenwaldes mit den von Markgraf aufgestellten Typen des feuchten oder tiefgründigen Buchenwaldes (Fagetum alliosum ursini, F. melicosum, F. mercurialosum, F. altherbosum zit. nach Schoenichen 1933, S. 104) zu vergleichen, so wird man die Ähnlichkeiten in floristischer Hinsicht sehr bald feststellen. Ähnlich steht es z. B. bei einem Vergleich der Flora der Auenwälder mit der Waldziest-Variante des Querceto-Carpinetums von Tüxen (vgl. Schoenichen 1933, S. 129). Zu gleichen Feststellungen gelangt man, um noch einige weitere Beispiele — diesmal aus außerdeutschen Gebieten — anzuführen, bei einem Vergleich der Artenliste des Auenwaldes mit den von Adamson untersuchten Quercus robur-Wäldern in Cambridgeshire (1911/12) oder etwa den Buchenwäldern von Ditcham Park in Hampshire (1921), wie auch mit den von Kupffer (1931) von der Insel Moritzholm (Lettland) beschriebenen Pflanzenvereinen. Markgraf (1923, S. 515) schildert einen kleinen Waldbestand auf einer Insel im Großen Schwalg-

see (Kreis Goldap), deren mittlere Höhe über dem Seespiegel ungefähr 1—1½ m beträgt. „Will man dieses unberührte Fleckchen als Beispiel einer eigenen Varietät hervorheben, so bemerkt man mit Erstaunen eine große floristische Ähnlichkeit zur montanen Waldquellflur." Dieses letzte Beispiel soll zeigen, daß selbst an Standorten, wo man es zunächst nicht vermutet, floristische Ähnlichkeiten vorgefunden werden können, die wohl mit großer Wahrscheinlichkeit auf gleichartige ökologische Verhältnisse zurückzuführen sein werden.

Es liegt nun der Gedanke nahe, daß der Auenwald in ökologischer Hinsicht keinen fest umrissenen Begriff darstellt, sondern daß nur der feuchte Laubwald als eine ökologische Einheit anzusehen ist, daß also, um den Gedanken der Verallgemeinerung der hier gefundenen Ergebnisse weiter zu verfolgen, die im Auenwald vorgefundenen ökologischen Verhältnisse nicht nur für diesen Gültigkeit besitzen, sondern daß sie darüber hinaus gleichzeitig ein Bild von der Ökologie des feuchten Laubwaldes im allgemeinsten Sinne geben. Es soll jedoch hiermit noch keinesfalls die Richtigkeit dieses Satzes behauptet werden, sondern die Verfolgung dieses Gedankens soll in erster Linie als Arbeitshypothese dienen, um vielleicht von diesem Gesichtspunkt aus einen Einblick in die Zusammenhänge der Ökologie verschiedener Varianten des feuchten Laubwaldes zu gewinnen, wobei auch Fragen der gegenseitigen Vertretbarkeit ökologischer Faktoren eine Rolle spielen werden.

Bei der Durchsicht der Literatur ergab sich, daß bereits von Wangerin und Lämmermayr auf eine „gewisse Gemeinsamkeit der Standortsbedingungen" in Buchen- und Auenwäldern hingewiesen worden ist. Dies würde schon dem Gedanken entsprechen, den ich oben als Arbeitshypothese zur Erforschung der Ökologie des feuchten Laubwaldes geäußert habe. Da die Problemstellung bei den Ausführungen von Wangerin deutlich zum Ausdruck kommt, sei die betreffende Stelle (Wangerin 1928, S. 173/174) hier zusammenhängend wiedergegeben.

Wangerin bespricht, nachdem er vorher (S. 172/173) die Frage nach der Richtigkeit des Ausdruckes „Buchenbegleiter" gestreift hat, die Verbreitung von Lysimachia nemorum und Veronica montana und fährt dann fort: „Am nächsten schließen sich dieser (der Rotbuche) vor allem in Ansehung der Nordostgrenze ihrer Verbreitung der Berg-Ehrenpreis (Veronica montana) und der Hainfelberich (Lysimachia nemorum) an, von denen ersterer die Rotbuchengrenze in Ostpreußen nur unwesentlich (bis zur Gegend von Insterburg) überschreitet und letztere noch diesseits derselben zurückbleibt; aber beide Arten kommen im ostelbischen Flachland, wo Lysimachia nemorum sich in ihrer Verbreitung nahe an die subatlantischen Florenelemente anschließt, keineswegs im gesamten Verbreitungs-

gebiet der Rotbuche vor, und andererseits zeigt Lysimachia nemorum im Bergwald der Mittelgebirge, Veronica montana im nordostdeutschen Flachland durchaus nicht immer in ausgeprägter Weise engen Formationsanschluß an die Rotbuche, sondern die letztere ist hier namentlich für den schattigen Bergschluchtwald bezeichnend, also das Äquivalent des Auenwaldes in engen Bachschluchten. Nähere Beziehungen zeigen auch sonst nicht wenige Buchenwaldpflanzen, so z. B. noch der Bärlauch (Allium ursinum) der, im nordostdeutschen Flachland bereits ziemlich selten, hier stets innerhalb wie außerhalb der Rotbuchengrenze gesellig in feuchten Waldtypen auftritt, ferner der im größten Teil des ostelbischen Flachlandes ganz fehlende Aronstab (Arum maculatum), der Märzbecher (Leucojum vernum), der Lerchensporn (Corydalis cava), die Einbeere (Paris quadrifolia), die Hainmiere (Stellaria nemorum), das Bingelkraut (Mercurialis perennis) u. a. m. Lämmermayr (1923, S. 56) erblickt in diesem Verhalten den Ausdruck einer gewissen Gemeinsamkeit der Standortsbedingungen (tief humoser Boden, gleichmäßige Wasserführung), wobei die im Auenwald gegebene leichtere Erreichbarkeit des Wassers den tieferen Schatten des Buchenwaldes ersetze und eine gesteigerte Verdunstung und größere Freistellung zulasse; indessen ist der Schatten im feuchten Auenwald oft kaum wesentlich geringer als im Buchenwald, und maßgebend ist wohl ein diesen Pflanzen gegenüber vielen anderen Arten des Buchenwaldes eigenes höheres Feuchtigkeitsbedürfnis, das im Buchenwald nicht mehr allgemein, sondern nur an besonders günstigen Stellen befriedigt wird.“

Zusammenfassung.

Abschnitt I: Zur soziologischen und ökologischen Terminologie.

1. Es wird keine scharfe Unterscheidung zwischen dem Standort als Wuchsort und dem Standort als Inbegriff der Standortsfaktoren getroffen, da sich — soweit die vorliegende Untersuchung in Betracht kommt — die Doppelsinnigkeit im Gebrauch des Begriffes nicht störend bemerkbar macht.

2. Für die Klassifikation der Standortsfaktoren wird der Vorschlag von Brenner (1927) befürwortet, dieselben nach Wirkungsart, Wirkungsraum, Ursprung und zeitlichem Wirken einzuteilen.

3. Die Assoziation wird als floristische und zugleich ökologische Einheit aufgefaßt, da neben der floristischen Kennzeichnung auch die Ökologie einer Gesellschaft für ihre Charakterisierung unentbehrlich ist.

4. Für die Durchführung ökologischer Untersuchungen wird empfohlen, vom Studium der Vegetation auszugehen, da nach Brenner (1921) mit Sicherheit nur die Umkehrung des Cajanderschen Satzes, daß an biologisch gleichwertigen Standorten sich immer derselbe Pflanzenverein ausbildet, gültig ist.

Abschnitt II: Die Vegetationsverhältnisse.

1. Die floristischen Untersuchungen beziehen sich auf Auenwälder in der Umgebung von Halle im allgemeinen und speziell auf einen Auenwald, die Rabeninsel, am Südwestrand des Stadtgebietes von Halle.

2. Es werden zwei Vegetationstypen unterschieden, von denen der eine durch Gräser (Gramineen-Typ) wie Milium effusum, Poa nemoralis und Festuca gigantea und der andere durch Urtica dioica und Glechoma hederacea (Urtica-Typ) als Leitpflanzen charakterisiert ist.

3. Die Vegetation der Rabeninsel entspricht in ihrer Zusammensetzung fast ausschließlich dem Urtica-Typ. Die Baumschicht wird von Ulmus campestris gebildet. Die Strauchschicht beherrschen der Nachwuchs von Ulmus campestris sowie Prunus padus und Cornus sanguinea.

4. Für die spezielle Untersuchung wird eine kleine Bodensenke ausgewählt. Den Rand der Senke besiedelt der für die Auen-

wälder der Umgegend von Halle als typisch erkannte Urtica dioica-Glechoma hederacea-Verein (1). Im Gebiet der Senke selbst (Baumbestand Populus nigra) finden sich Bestände von Ranunculus repens und Agrostis stolonifera (2) und Mentha aquatica, Polygonum mite und Galium palustre (3). Die Zusammensetzung dieser drei Bestände und ihre Entwicklung im Laufe zweier Vegetationsperioden (1932/33) werden geschildert.

Abschnitt III: Die Standortsfaktoren.

Zur Beobachtung der Standortsfaktoren werden drei Standorte in je einem der beschriebenen Bestände ausgewählt (U, R, M: Urtica-, Ranunculus-, Mentha-Standort).

a) Physikalische Bodenanalyse.

1. Die Untersuchungen sind am natürlich gelagerten Boden unter Benutzung der Zylindermethode mit gutem Erfolg durchgeführt worden.

2. In allen Fällen handelt es sich um schwere, tonreiche und tiefgründige Böden. Unterschiede zwischen den Böden der drei Standorte sind deutlich und durch den verschiedenen Tongehalt, der bei dem Boden des Mentha-Standortes am höchsten ist, bedingt. Am Urtica-Standort ist der Tongehalt am geringsten.

3. Durch Behandlung der Böden mit schweren Lösungen (Bromoform-Benzol-Gemisch) konnten dieselben entsprechend ihren Eigenschaften deutlich voneinander unterschieden werden.

4. Die Reihenfolge U-R-M ist auch bei den fortlaufenden Bestimmungen des natürlichen Wassergehaltes zu beobachten. Am Urtica-Standort sind die niedrigsten und am Mentha-Standort die höchsten Werte zu allen Zeiten ermittelt worden.

5. Die Standorte sind in ihrer Lage zum Grundwasserspiegel (entsprechend natürlich auch die betr. Pflanzenvereine) scharf voneinander unterschieden, indem der Urtica-Standort relativ am weitesten vom Grundwasserspiegel entfernt liegt und der Ranunculus- und noch mehr der Mentha-Standort dem Grundwasserspiegel angenähert sind. Die tiefsten Punkte der Bodensenke sind aber nicht gleichzeitig auch die dem Grundwasserspiegel am nächsten liegenden Stellen.

b) Chemische Bodenanalyse.

1. Es ist die Methode der Fällung des Magnesiums mit Oxychinolin geprüft worden, wobei sich ihre Brauchbarkeit, besonders im Hinblick auf die Vereinfachung des Analysenganges zur Tren-

nung des Magnesiums von den Alkalien (salzsaurer Bodenauszug!), erwiesen hat.

2. Zur gesonderten Bestimmung des Gehalts der Böden an Kalzium- und Magnesiumkarbonat ist die Methode der Anwendung schwacher, wenig dissoziierter Säuren nicht brauchbar. Als sicherer Weg hat sich allein die Methode der vorherigen Zerstörung des Magnesiumkarbonats durch Glühen (bei ungefähr 400°) und die Berechnung des Magnesiumkarbonatgehalts aus der Differenz zum Gesamtkohlensäuregehalt erwiesen.

3. Die chemischen Bodenanalysen stimmen recht gut mit Analysen von schweren Böden überein. Besonders auffallend ist die große Ähnlichkeit der hier untersuchten Proben mit Böden des Nildeltas.

4. Die Böden der drei Standorte sind gut nach den Ergebnissen des salzsauren Bodenauszuges zu charakterisieren, was vor allem für den Kalk bzw. die Gesamtkohlensäure und das Verhältnis von Tonerde zu Kieselsäure gilt. Ersteres ist auf die verschiedenartige Lage der Böden zum Grundwasserspiegel und letzteres auf ihren unterschiedlichen Tongehalt zurückzuführen.

5. Die Analysenergebnisse des salzsauren Bodenauszuges stimmen mit den Befunden der Ganssenschen Theorie überein.

6. Für Kali und Phosphorsäure werden die höchsten Werte am Mentha-Standort, die niedrigsten am Urtica-Standort beobachtet.

7. Gesamtstickstoff- und organischer Kohlenstoff- (Humus-) Gehalt schwanken gleichsinnig. Die höchsten Werte wurden am Urtica-Standort, die niedrigsten am Mentha-Standort ermittelt.

8. Aus dem Glühverlust der Proben kann auf ihren Stickstoffgehalt geschlossen werden. Bei den hier zur Untersuchung vorliegenden Böden betrug der Stickstoffgehalt rund 3% des Glühverlustes.

9. Der Gehalt der Böden an austauschbaren Basen steigt für die zweiwertigen und fällt für die einwertigen Kationen mit Annäherung der Standorte an den Grundwasserspiegel.

10. Die Reaktion der Böden (bestimmt im Wasser- und KCl-Auszug) ist neutral. Unterschiede zwischen den Standorten sind nicht nachweisbar.

c) Grundwasseranalyse.

1. Es wurde nur eine einzige Analyse (Probenahme am Mentha-Standort) durchgeführt. Sie ergab, daß das Grundwasser außerordentlich hart und rückstandsreich ist.

2. Die Reaktion des Grundwassers ist neutral.

3. Der hohe Gehalt des Grundwassers an Bikarbonaten wirkt sich günstig auf die Reaktionsverhältnisse, die Humusbildung und die Struktur der Böden aus.

d) Mikrobiologische Bodenuntersuchung.

1. Der Gehalt der Böden an anorganischen Stickstoffverbindungen ist beträchtlich und sinkt während der Vegetationsperiode nie unter 2,10 mg N bezogen auf 100 g absolut trockenen Boden.

2. Die Ammonifikations- und Nitrifikationsenergie ist an allen Standorten hoch. Sieben Tage nach Versuchsbeginn ist am Mentha-Standort das Ammonifikationsvermögen am größten und das Nitrifikationsvermögen am kleinsten. Urtica- und Ranunculus-Standort sind nach der gleichen Zeit voneinander nicht unterschieden. Späterhin verwischen sich die Unterschiede zwischen allen drei Standorten.

3. An allen Standorten werden die niedrigsten Nitratgehalte zu Zeiten der geringsten Bodenfeuchtigkeit beobachtet.

e) Licht.

1. Lichtmessungen wurden an vier Stellen vorgenommen, die in ihrer Abschirmung senkrecht nach oben und nach Süden unterschieden waren.

2. Das Vorderlicht ist, wenn es zur Geltung kommen kann (Frühjahr, heitere Tage bei hohem Sonnenstand, Herbst), stets wirksamer als das Oberlicht, was sich in gleicher Weise auf den absoluten wie auf den relativen Lichtgenuß der einzelnen Standorte auswirkt.

3. Der relative Lichtgenuß sinkt bei steigender Lichtintensität.

f) Temperatur.

1. Die Standorte sind nach der Lufttemperatur gut voneinander zu unterscheiden. Im Frühjahr und im Herbst ist der trockenste Standort (U) am wärmsten, im Sommer derjenige Standort, der der stärksten Sonneneinstrahlung ausgesetzt ist (R).

2. Hinsichtlich der Bodentemperaturen ist im Frühjahr der trockenste Standort (U) am wärmsten, der feuchteste (M) am kältesten.

3. Im Sommer sind Abhängigkeiten der Temperatur von den Dichtigkeits-Lockerheits-Abstufungen der Böden erkennbar, indem der dichteste Boden (M) die höchsten und der lockerste (U) die niedrigsten Temperaturen aufweist.

4. Die unter 2. und 3. mitgeteilten Ergebnisse lassen sich zunächst noch nicht verallgemeinern.

5. Es können eine Reihe von Tatsachen aus der Waldklimalehre bestätigt werden. Diese beziehen sich auf die vertikalen Temperaturverhältnisse, die Lage des Temperaturmaximums, die Größe der Tagesamplitude und das Verhältnis von Luft- und Bodentemperaturen.

g) Luftfeuchtigkeit.

1. Während die Standorte im Frühjahr nach der relativen Luftfeuchtigkeit noch nicht klar voneinander unterschieden werden können, ist im Sommer nach vollendeter Ausbildung der Belaubung am Urtica-Standort die relative Luftfeuchtigkeit am geringsten und am Mentha-Standort am höchsten. Es wird somit die gleiche Reihenfolge wie bei der Bodenfeuchtigkeit von den drei Standorten eingehalten.

2. Die absolute Luftfeuchtigkeit zeigt in der Regel keinen bestimmten täglichen Gang. Es werden jedoch auch Fälle beobachtet, in denen die absolute Feuchtigkeit am Morgen ein Maximum, mittags ein Minimum und darauf einen Anstieg bis gegen Abend aufweist. Dieses Bild ähnelt dem, wie es von dem täglichen Gang der absoluten Luftfeuchtigkeit im Freien her bekannt ist.

3. Im großen und ganzen — jedoch nicht in allen Fällen — weist der Standort mit den geringsten Werten für die relative Luftfeuchtigkeit die höchsten Sättigungsdefizite auf. Die relative Luftfeuchtigkeit ist also im Walde zur Gewinnung eines Überblickes ein hinreichend genaues Maß für die Größe der Verdunstung.

4. Die Psychrometerdifferenz ist entsprechend der Rangordnung der Standorte in bezug auf die relative Luftfeuchtigkeit oder das Sättigungsdefizit am Urtica-Standort im Mittel immer am größten am Urtica-Standort bzw. am geringsten am Mentha-Standort.

Abschnitt IV: Vegetation und Standortsfaktoren.

1. Der Nährstoffreichtum des Auenwaldes und seine günstigen Boden- und Wasserverhältnisse kommen in der Vegetation deutlich zum Ausdruck.

2. Die Vegetation ist fast ausschließlich aus nitrophilen Arten zusammengesetzt.

3. Maßgebend für die verschiedenartige Ausbildung der Pflanzenvereine der untersuchten Bodensenke ist der Wassergehalt des Bodens bzw. die verschiedenartige Anordnung ihrer Standorte zur Lage des Grundwasserspiegels.

4. Es wird eine genaue Untersuchung der Grundwasserverhältnisse in flußnahen Gebieten in hydrographischer und chemischer Hinsicht angeregt, da viele Pflanzen mit ihren Wurzeln das Grundwasser erreichen und vor allem die im Grundwasser gelösten Salze (Bikarbonate!) sicherlich nicht ohne Einfluß auf den Pflanzenwuchs sein werden.

5. Für eine Verallgemeinerung der Ergebnisse wird die Feststellung von Brenner (1921), daß alle Standorte, die durch denselben Pflanzenverein charakterisiert sind, als biologisch gleichartig angesehen werden können, zugrunde gelegt.

6. Eine Verallgemeinerung der Ergebnisse ist nur für die Auenwälder der Umgebung von Halle zulässig, da aus anderen Auenwäldern genaue quantitative Vegetationsbeschreibungen bisher so gut wie ganz fehlen und deshalb kein einwandfreier Vergleich der hier durchgeführten Bestandesaufnahmen mit denen anderer Auenwälder möglich ist.

7. Es wird auf die Tatsache hingewiesen, daß viele Arten des Auenwaldes auch in feuchten Laubwäldern vorkommen, und im Anschluß daran als Arbeitshypothese der Gedanke entwickelt, den feuchten Laubwald als ökologische Einheit anzusehen und infolge der vielen floristischen Ähnlichkeiten zwischen Auenwald und feuchtem Laubwald den Auenwald nur als ökologische Variante des feuchten Laubwaldes zu betrachten. Es wird also die Frage gestellt, inwieweit die aus den Untersuchungen in Auenwäldern gewonnenen Ergebnisse auf den feuchten Laubwald und seine Ökologie ganz allgemein übertragbar sind.

Schriftenverzeichnis.

1. Aarnio, B. und Salminen 1927: Verh. 2. Komm. int. bodenkdl. Ges., Groningen; cit. nach W. Brenner 1929, S. 40.
2. Aarnio, B. 1928: Bull. of the agrogeol. inst. Finland Nr. 26; cit. nach W. Brenner 1929, S. 40.
3. — 1930: Werden die Bodenproben beim Trocknen sauer? Zschr. f. Pflanzenernährung usw. A **14**, 37—39.
4. Adamson, R. S. 1911/12: An ecological study of a Cambridgeshire Woodland. Journ. of the Linn. Soc., Bot., **40**, 339—387.
5. — 1921: The woodlands of Ditcham Park, Hampshire. Journ. of Ecology **9**, 114—219.
6. Agafonoff, V. 1923: Etude comparative de quelques méthodes d'analyse chimique de l'humus dans les sols. C. r. Acad. Sci. Paris **177**, 404—406.
7. Albert, R. (Ref.) 1907: Die Bezeichnung der Humusformen des Waldbodens nach den Beschlüssen des internationalen Verbandes forstlicher Versuchsanstalten. Zschr. f. Forst- u. Jagdwes. **39**, 3—8.
8. — und O. Bogs 1914: Beiträge zur Methodik der Bodenuntersuchung. Int. Mitt. Bodenkde. **4**, 181—198.
9. Albert, R. 1929: Bezeichnung der Humusformen des Waldbodens. Forstarchiv **5**, 103; ref. Zschr. f. Pflanzenernährung usw. 1930, A **15**, 323.
10. Alway, F. J. and G. R. McDole 1916: The Loess-soils of the Nebraska portion of the transition region. I. Hygroscopicity, nitrogen and organic carbon. Soil Sci. **1**, 197—238.
11. Apsits, J. 1933: Die Dynamik der physikalischen Eigenschaften des Bodens und dessen Fruchtbarkeit. Landw. Jahrb. **78**, 895—941.
12. — 1934: Die Struktur des Bodens und seine Temperatur. Zschr. f. Pflanzenernährung usw. B **13**, 247—269.
13. Arrhenius, O. 1919: Försök till en ny metod för analys av växtsamhällen. Sv. Bot. Tidskr. **13**.
14. — 1920: Ökologische Studien in den Stockholmer Schären. Akad. Abhandl., Stockholm.
15. — 1922: A new method for the analysis of plant communities. Journ. of Ecology **10**.
16. Bamberg, K. 1928: Untersuchungen über die chemische Bestimmung der Bodenfruchtbarkeit. Zschr. f. Pflanzenernährung usw. A **11**, 115—141.
17. van Bemmelen, J. M. 1888: Die Absorptionsverbindungen und das Absorptionsvermögen der Ackererde. Landw. Versuchsstat. **35**, 69—136.

18. van Bemmelen, J. M. 1891: Über die Bestimmung des Wassers, des Humus, des Schwefels, der in den kolloiden Silikaten gebundenen Kohlensäure, des Mangans usw. im Ackerboden. Landw. Versuchsstat. **37**, 279—290.
19. — 1910: Die verschiedenen Arten der Verwitterung der Silikatgesteine in der Erdrinde. Zschr. anorg. Chemie **66**, 322—357.
20. Benecke, W. und L. Jost 1924: Pflanzenphysiologie I., Jena.
21. Berg, R. 1927: Neue Wege zur Bestimmung und Trennung der Metalle mit Hilfe von o-Oxychinolin. II. Bestimmung und Trennung des Magnesiums. Zschr. anal. Ch. **71**, 23—36.
22. den Bergen, L. G. 1914: Phosphorsäurebestimmungen in salzsauren Bodenextrakten. Int. Mitt. Bodenkde. **4**, 46—51.
23. Bieler, K. und K. Aso 1900: Bestimmung des Humus in der Ackererde. Bull. of the Coll. of Agric. Tokio **4**, 237—240; ref. Chem. Cbl. 1901, II, 895.
24. Blanck, E. 1912: Über die chemische Zusammensetzung des nach der Methode Schloesing-Grandeau gewonnenen Tons. Journ. f. Landwirtsch. **60**, 75—81.
25. — 1918: Über die chemische Zusammensetzung des nach der Schlämmethode von Atterberg erhaltenen Tons. Landw. Versuchsstat. **91**, 85; cit. nach E. Blanck 1931, S. 6.
26. — 1920: Zur chemischen Bodenanalyse. Fühlings landw. Ztg. **69**, 130—140.
27. — und F. Preis 1921: Ein weiterer Beitrag zur chemischen Beschaffenheit des nach Atterbergs Schlämmethode gewonnenen Tons. Journ. f. Landwirtschaft. S. 73; cit. nach E. Blanck 1931, S. 6.
28. Blanck, E. und A. Rieser 1928: Beiträge zur Methodik der Bodenauszüge nach der Salzsäure-Methode. Journ. f. Landw. **76**, 25—31.
29. Blanck, E. 1931: Die hauptsächlichsten Bodenkonstituenten, ihre Natur und Feststellung. In E. Blanck, Handb. d. Bodenlehre **7**, 1—23, Berlin.
30. Blohm, G. 1927: Der Einfluß der Bodenstruktur auf die physikalischen Eigenschaften des Bodens. Landw. Jahrb. **66**, 147—184.
31. Braun-Blanquet, J. 1928: Pflanzensoziologie. Berlin.
32. — 1931/32: Die Pflanzensoziologie in Forschung und Lehre. 1. Pflanzensoziologische Forschungsprobleme. Der Biologe **1**, 175—180.
33. Brenner, W. 1921: Studier över vegetation i en del av västra Nyland och dess förhallande till markbeskaffenheten. Geologiska Komm. i Finland Geotekniska Meddelanden, Helsingfors, Nr. 32, 105 S.; ref. Justs Bot. Jhber. **49** f. 1921, S. 800.
34. — 1927: Der Standort und die ökologischen Faktoren. Bot. Notiser, Lund, 145—155.
35. — 1928: Werden die Bodenproben beim Trocknen sauer? Zschr. f. Pflanzenernährung usw. A. **11**, 141—144.

36. Brenner, W. 1929: Das angebliche Sauerwerden der Bodenproben beim Trocknen. Zschr. f. Pflanzenernährung usw. A **14**, 39—42.
37. Brown, P. E. and F. E. Allisson 1916: The influence of some common humus-forming materials of narrow and of wide nitrogen-carbon ratio on bacterial activities. Soil Sci. **1**, 49—75.
38. Bujakowsky W. und C. Treschow 1933: Zur Bestimmung des Verwitterungskomplexes im Boden. Veterinaer- og Landbohøiskole Aarskr. S. 121; ref. Zschr. f. Pflanzenernährung usw. 1933, A **31**, 368.
39. Bunsen 1871: cit. nach K. Keilhack 1935, S. 329.
40. Burgess, P. S. und Breazeale, J. F. 1926: Methoden zur Bestimmung der austauschfähigen Basen in Böden. Science **64**, 69—70; ref. Chem. Cbl. 1926, II, 1573.
41. Cajander, A. K. und Y. Ilvessalo 1922 (a): Über Waldtypen II. Acta For. Fenn. **20**, 77 S.
42. Cajander, A. K. 1922 (b): Zur Begriffsbestimmung im Gebiet der Pflanzentopographie. Acta For. Fenn. **20**, 8 S.
43. — 1923: Einige Hauptzüge der pflanzentopographischen Forschungsarbeit in Finnland. Acta For. Fenn. **23**, 31 S.
44. Cieslar, A. 1904: Die Rolle des Lichts im Walde. Mitt. a. d. forstl. Versuchsw. Österreichs, 30. Heft, 105 S., Wien.
45. Clements, F. E. 1928: Plant succession and indicators. New York; cit. nach W. Mevius 1931, S. 49.
46. Couture, M. 1929: Fehler bei der Bestimmung des Humus im Boden. Giorn. Chim. ind. appl. **11**, 149—150; ref. Chem. Cbl. 1929, II, 2, 3247.
47. Dengler, A. 1930: Ökologie des Waldes. Berlin. 272 S.
48. Diels, L. 1913: Bericht über die Fortschritte in der Geographie der Pflanzen. Geogr. Jahrb. **36**, 217—288.
49. Du Rietz, G. E., Th. C. E. Fries und T. A. Tengwall 1918: Vorschlag zur Nomenklatur der soziologischen Pflanzengeographie. Sv. Bot. Tidskr. **12**, 145—170.
50. Du Rietz, G. E. 1921: Zur methodologischen Grundlage der modernen Pflanzensoziologie. Upsala und Wien.
51. — 1928: Kritik an pflanzensoziologischen Kritikern. Bot. Notiser, Lund, 1—30.
52. Dziubaltowski, S. 1926: Les associations steppiques sur le plateau de la Petite Pologne et leurs successions. Acta Soc. Bot. Polon. **3**, Nr. 2, 164—195; ref. Justs Bot. Jhber. **54** f. 1926, S. 338.
53. Eder, M. 1920: Ein neues Graukeil-Photometer. Halle a. S. 48 S.
54. Eggertz 1860: Jhb. J. Liebig u. H. Kopp, 620; cit nach F. P. Treadwell 1917, S. 373.
55. Ehrenberg, P., C. Diebel und H. Veckenstedt 1913: Zur Bestimmung der organischen Substanz in Tonen. Zschr. anal. Ch. **52**, 408—418.

56. Ehrenberg, P. 1933: Der Bau des Ackerbodens. Dresden u. Leipzig.
57. Eichinger, E. 1930: Die Unkrautpflanzen des kalkgesättigten Bodens. Berlin.
58. Elleder, H. 1930: Zur Frage der ph-Bestimmung in Wasser und KCl-Lösung. Zschr. f. Pflanzenernährung usw. A **16**, 283—289.
59. Engels, O. 1914: Der Einfluß von Kalk in Form von Ätzkalk und kohlensaurem Kalk auf die physikalische Beschaffenheit verschiedener Bodenarten. Landw. Versuchsstat. **83**, 409—466
60. — 1926: Die Bedeutung der Magnesia-Bestimmung bei der Bodenanalyse mit Rücksicht auf die Wichtigkeit dieses Stoffes für die Pflanzenernährung. Ernährung d. Pflanze **22**, 174—176; ref. Jahresber. üb. d. Fortschr. a. d. Gesamtgeb. d. Agrikulturchemie, 4. Folge, 1926, S. 9.
61. Farrow, E. P. 1925: On the ecology of the vegetation of breckland. Journ. of Ecology **13**, 121—137.
62. v. Feilitzen, H. 1909: Analysen von Grundwasser aus jungfräulichem und kultiviertem Hochmoor bei Flahult. Mitt. d. Vers. z. Förderg. d. Moorkultur i. D. R. **27**, 269—271; ref. Jahresb. üb. d. Fortschr. a. d. Gesamtgeb. d. Agrikulturchemie, 3. Folge, **12**, 1909, 26—27.
63. Frödin, J. 1919: Über nitrophile Pflanzenformationen auf den Almen Jämtlands. Bot. Notiser, Lund, 271—277.
64. Feucht, O. 1922: Die Bodenflora als waldbaulicher Weiser. Silva S. 369; cit. nach W. Mevius 1931, S. 101.
65. Finkener 1878: B. B. **11**, 1640; cit. nach F. P. Treadwell 1917. 373.
66. — 1882: Zschr. f. anal. Ch. **21**, 566; cit. nach F. P. Treadwell 1917, 373.
67. Firbas, F. 1924: Studien über den Standortscharakter auf Sandstein und Basalt. Beih. z. Bot. Cbl., 2. Abt., **41**, 253—409.
68. Frank, A. 1927: Über Bodenazidität im Walde. Diss. Freiburg i. B.; cit. nach W. Mevius 1931, S. 101.
69. Fries, Th. C. E. 1925: Über primäre und sekundäre Standortsfaktoren. Sv. Bot. Tidskr. **19**, 49—69.
70. Gaither, 1913: Vergleich der qualitativen und quantitativen Methoden zur Bestimmung von Karbonaten im Boden. Journ. of Ind. and Engin. Chem. **5**, 138—143; ref. Chem. Cbl. 1913, I, S. 1361.
71. Ganssen, R. 1905: Zeolithe und ähnliche Verbindungen, ihre Konstitution und Bedeutung für Technik und Landwirtschaft. Jahrb. Kgl. Pr. Geol. L.-A. **26**, 181—211.
72. — 1913: Die Charakterisierung des Bodens nach der molekularen Zusammensetzung des durch Salzsäure zersetzlichen silikatischen Anteils des Bodens (der zeolithischen Silikate). Int. Mitt. Bodenkde. **3**, 529—571; auch Jahrb. Kgl. Pr. Geol. L.-A. 1914, **35**, T. 1, 219—255.
73. — 1924 (a): Bestehen Beziehungen zwischen dem durch Salzsäure zersetzlichen tonerde-silikatischem Kolloidanteil der Böden und

deren Fruchtbarkeit und Düngebedürftigkeit? Int. Mitt. Bodenkde. **14**, 55—72.

74. — 1924 (b): Molekularverhältnis, Bodenreaktion und Düngebedürftigkeit. Int. Mitt. Bodenkde. **14**, 158—171.

75. — und Mitarbeiter 1926/27: Die Bestimmung der Bodenreaktion. Zschr. f. Pflanzenernährung usw. A **8**, 332—344.

76. — 1929: Die Untersuchung des Verwitterungskomplexes des Bodens und die Bewertung der Ergebnisse. Mitt. Lab. Pr. Geol. L.-A. Nr. **8**, 1—9, Berlin; ref. Chem. Cbl. 1930, I, 1, 1851.

77. Garcke, A. 1848: Flora von Halle. Teil I: Phanerogamen. Halle.

78. — 1898: Flora von Deutschland. 18. Aufl., Berlin.

79. Gassert, E. 1934: Zwei bemerkenswerte Bruchwälder an der Grenze zwischen Brandenburg und der Grenzmark Posen-Westpreußen. Abhandl. u. Ber. d. naturw. Abt. d. Grenzmärk. Ges. z. Erforsch. u. Pflege d. Heimat **8**, (1933), 18—41.

80. Gedroiz, K. K. 1916: Russ. Journ. f. exp. Landw. **17**, 511; cit. nach K. K. Gedroiz 1926, S. 100.

81. — 1923: Die Salzsäuremethode zur Bestimmung der im Boden in adsorbiertem Zustande vorhandenen Kationen. Soil Sci. **16**, 473—474; ref. Zschr. f. Pflanzenernährung A **6**, 1926, 187.

82. — 1926: Chemische Bodenanalyse. Berlin.

83. — 1929: Der adsorbierende Bodenkomplex. Breslau.

84. Geiger, R. 1927: Das Klima der bodennahen Luftschicht. Braunschweig. 246 S.

85. — 1930: Mikroklima und Pflanzenklima. Handb. d. Klimatologie Bd. I, Teil D, 1—46, Berlin.

86. Giesecke, F. 1928: Die Hygroskopizität in ihrer Abhängigkeit von der chemischen Bodenbeschaffenheit. Chem. d. Erde **3**, 98; cit. nach E. Blanck 1931, 4—5.

87. — 1930: Das Verhalten des Bodens gegen Luft. In E. Blanck, Handb. d. Bodenlehre **6**, 1930, 253—342.

88. Glinka, K. 1914: Die Typen der Bodenbildung. Berlin.

89. Goy, S. und Burow 1929: Über die Spanne der ph-Zahlen in Wasser und Chlorkalilösung. Zschr. f. Pflanzenernährung usw. A **14**, 348—354.

90. Grandeau 1884: Handbuch für agrikulturchemische Analysen. Berlin; cit. nach E. Blanck 1912, 76.

91. Gustavson 1886: Über die Vereinfachungen in der organischen Analyse bei der Bestimmung des Kohlenstoffs im Boden. Mitt. land. u. forstw. Petri-Akad. **9**, 65; cit. nach K. K. Gedroiz 1926, 22.

92. Hager, G. 1931: Die Kolloidbestandteile des Bodens und die Methoden ihrer Erkennung. In E. Blanck, Handbuch d. Bodenlehre **7**, 45—112.

93. Hahn, F. L. und K. Vieweg 1927: 8-Oxychinolin als analytisches Reagenz. Zschr. anal. Ch. **71**, 122—130.

94. Hall, A. D. und E. J. Russel 1902: Journ. Chem. Soc. **81**, 81—85; cit. nach E. J. Russel 1914, 70.
95. — — 1911: Bodenüberwachung und Bodenanalyse. Journ. Agric. Sci. **4**, 181—223; cit. nach E. J. Russel 1914, 70.
96. Harper, H. J. 1925: The ammonia content of soil and its relation to total nitrogen, nitrates and soil reaction. Journ. of Agric. Res. **31**, 549—553.
97. Hartmann, F. K. 1923: Die Bestandesflora als Ausdruck aller Standortsfaktoren. Zschr. Forst- und Jagdw. **55**, 609; cit. nach W. Mevius 1931, 100.
98. Hesselmann, H. 1904: Zur Kenntnis des Pflanzenlebens schwedischer Laubwiesen. Beih. z. Bot. Cbl. **17**, 311—460.
99. — 1917: Om våra skogsförynringsåtgärders inverkan på salpeterbildnungen i marken. Medd. Stat. Skogsförsökanst. **13/14**, 1916/17, 923.
100. Heuser, O. 1931: Der Kulturboden, seine Charakteristik und seine Einteilung vom landwirtschaftlichen Gesichtspunkt. In E. Blanck, Handb. d. Bodenlehre **8**, 1—48.
101. Hissink, D. J. 1915: Über die Bedeutung und die Methode der chemischen Bodenanalyse mit starker heißer Salzsäure. Int. Mitt. Bodenkde. **5**, 1—24.
102. — 1925: Der Sättigungszustand des Bodens. A. Mineralböden (Tonböden). Zschr. f. Pflanzenernährung usw. A **4**, 137—158.
103. — 1929: Diskussionsmitteilung. Verh. 2. Komm. int. bodenkdl. Ges., S. 20, Budapest.
104. Hoffmann, J. F. 1904: Über die neueren Wasserbestimmungsverfahren. Wochenschr. f. Brauerei **12**.
105. Höft, H. 1889: Zusammensetzung und Eigenschaften des dem Alluviallehm angehörenden Bodens des landwirtschaftlichen Versuchsfeldes der Universität Leipzig. Diss. Leipzig. Bremen 1889.
106. Hohenstein, V. 1919: Die ostdeutsche Schwarzerde (Tschernosem). Int. Mitt. Bodenkde. **9**, 1—31 und 125—178.
107. Hornberger, R. 1913: Zur Bestimmung der Phosphorsäure im Boden. Landw. Versuchsstat. **82**, 299—302.
108. Huber, B. 1926: Psychrometerdifferenz als Verdunstungsmaß. Eine Richtigstellung. Ber. D. Bot. Ges. **44**, 321—325.
109. — 1924: Eine einfache Methode zur Messung der Verdunstungskraft am Standort. Ber. D. Bot. Ges. **42**, 19—26.
110. Keilhack, K. 1935: Lehrbuch der Grundwasser- und Quellenkunde. 3. Aufl., Berlin.
111. Kellner (Ref.) 1902: Die Gunningsche Modifikation der Kjeldahlschen Methode der Stickstoffbestimmung, S. 15—20 in Verh. d. 17. ord. Hauptvers. d. Verb. landw. Versuchsstat. im D. R. Landw. Versuchsst. **57**, 1—101.
112. Klugh, A. B. 1925: Ecological photometry and a new instrument for measuring light. Ecology **6**, 203—237.

113. Knop, W. 1874: Analysen vom Nilabsatz. Landw. Versuchsst. **17**, 65—70.

114. Koenig, P. 1929: Über die Zusammensetzung der Nildeltaböden. Ernährg. d. Pflanze **25**, 417—428.

115. König, J., J. Hasenbäumer und R. Krönig 1914: Die Trennung der Bodenteile nach dem spez. Gewicht und die Beziehungen zwischen Pflanzen und Boden. Landw. Jahrb. **46**, 165—251.

116. König, J. und Mitarbeiter 1921: Zur Beurteilung neuer Verfahren für die Untersuchung des Bodens. Landw. Jahrb. **56**, 439—470.

117. Kossowitsch, P. 1912: Die Schwarzerde. Int. Mitt. Bodenkde. **1**, 199; cit. nach K. Maiwald 1931, 139.

118. Kotzmann, L. 1928: Vergleichende Untersuchung der verschiedenen Methoden zur Bestimmung des Humus. Mezögazdasagi Kutatasok **1**, 21; ref. Zschr. f. Pflanzenernährung 1930, A **15**, 325.

119. Krische, P. 1929: Die Kalidüngung in Ägypten. Ernährung d. Pfl. **25**, 429—444.

120. Kupffer, K. R. 1931: Die Naturschonstätte Moritzholm. Arb. d. Naturforscher-Vereins zu Riga, N. F. **19**, 138 S.

121. Kylin, H. 1926: Über Begriffsbildung und Statistik in der Pflanzensoziologie. Bot. Notiser, Lund, 81—180.

122. Lämmermayr, L. 1923: Die Entwicklung der Buchenassoziation nach dem Tertiär. Fedde, Repert. **24**; cit. nach W. Wangerin 1928, 174.

123. Lange, W. 1926: Beiträge zur Bestimmung des Düngebedürfnisses eines Bodens vermittels Pflanzen- und Bodenanalyse. Zschr. f. Pflanzenernährung usw. A **6**, 193—228.

124. Leiningen-Westerburg, W. Graf zu, 1931: Forstwirtschaftliche Bodenbearbeitung, Düngung und Einwirkung der Waldvegetation auf den Boden. In E. Blanck, Handb. d. Bodenlehre **9**, 348—496.

125. Lemmermann, O. und Mitarbeiter 1911: Untersuchungen über das Kalkbedürfnis der Ackerböden auf Grund von Bodenuntersuchungen und Vegetationsversuchen. Landw. Jahrb. **40**, 255—324.

126. — (Hrsgb.) 1932: Methoden für die Untersuchung des Bodens I. Berlin.

127. — (Hrsgb.) 1934: Methoden für die Untersuchung des Bodens II. Berlin.

128. Leopold, G. H. 1910: Beobachtungen über die chemische Zusammensetzung des Geschiebelehms im niederländischen Diluvium, mit besonderer Rücksicht auf das Verwitterungssilikat. Verh. d. 2. int. Agrogeologenkonf. 1910, Stockholm 1911, 55—68; ref. Jahresb. üb. d. Fortschr. a. d. Gesamtgeb. d. Agrikulturchemie, 3. Folge, 1911, **14**, 68.

129. v. Linstow, O. 1929: Bodenanzeigende Pflanzen. Abh. Pr. Geol. L.-A., N. F. **114**, 246 S., Berlin.

130. Lippmaa, Th. 1931: Pflanzensoziologische Betrachtungen. Sitzungsber. Naturforscher-Ges. b. d. Univ. Tartu, **38**, 1—32, Tartu (Dorpat) 1932.

131. Loew, O. 1925: Untersuchungen der Hauptbodenarten Bayerns auf den Magnesiumgehalt mit Berücksichtigung der geologischen Formationen u. Fruchtbarkeitsverhältnisse. Ernährung d. Pflanze, Nr. 19; ref. Zschr. f. Pflanzenernährung usw. A **9**, 257.

132. Lüdi, W. 1919: Die Sukzession der Pflanzenvereine. Bern. 80 S.

133. Lundegardh, H. 1930: Klima und Boden. 2. Aufl., Jena.

134. Lunge und Rittener 1906: Zschr. f. angew. Ch. S. 1849; cit. nach F. P. Treadwell 1917, 336.

135. Maiwald, K. 1931: Organische Bestandteile des Bodens. In E. Blanck, Handb. d. Bodenlehre **7**, 113—204.

136. Markgraf, F. 1922: Die Bredower Forst bei Berlin. Berlin-Lichterfelde. 90 S.

137. — 1923: Aus ostpreußischen Laubwäldern. Beitr. z. Naturdenkmalpflege **9**, 510—526.

138. — 1926: Kleines Praktikum der Vegetationskunde. Berlin. 64 S.

139. Marr, F. S. 1908/1910: Estimation of calcium carbonate in soils. Journ. of agric. Sci. **3**, 155—160.

140. Mauzelius, R. und A. Vesterberg 1895: Versuche über die Bestimmung von Calcium- und Magnesiumkarbonat im Boden. Redogörelse för verksamheten vid Ultuna landtbruksinstitut ar 1894, Upsala 1895, 62—71; ref. Biedermanns Cbl. f. Agrikulturchemie 1895, **24**, 583—584.

141. Mehring, H. 1905: Die Glühverlustbestimmung bei der Bodenanalyse. Journ. f. Landwirtsch. **53**, 229—237.

142. Menke und D. Wiemann 1932: Neue Methoden zur Untersuchung von Erdboden und Wasser im Zusammenhang mit Pflanzengesellschaften im Nahe- und Rheingebiet. Verh. Naturh. Ver. Preuß. Rheinland und Westfalen **89**, 168—182.

143. Mevius, W. 1931: Die Bestimmung des Fruchtbarkeitszustandes des Bodens auf Grund des natürlichen Pflanzenbestandes. In E. Blanck, Handb. d. Bodenlehre **8**, 49—106.

144. Münter, F. 1919: Zur chemischen Bodenanalyse. Landw. Versuchsst. **94**, 181—189.

145. Nehring K. 1931: Über die Bestimmung des Magnesiums mittels o-Oxychinolin. Zschr. f. Pflanzenernährung usw. A **21**, 300—305.

146. Niklas, H. und A. Götting 1926: Beurteilung der wichtigsten Bodenarten auf Grund unserer Untersuchungen hinsichtlich ihrer petrographischen-geologischen Beschaffenheit. Zschr. f. Pflanzenernährung usw. A **6**, 265—279.

147. Nordhagen, R. 1919: Om nomenklatur og begrepsdannelse i plantesociologien. Nyt magasin for naturv. **57**, 17—128; cit. nach H. Kylin 1926.

148. v. Ollech, V. 1890: Über den Humus und seine Beziehung zur Bodenfruchtbarkeit. Berlin; cit. nach K. Maiwald 1931, 139.
149. Olsen, C. 1921: The ecology of Urtica dioica. Journ. of Ecology **9**, 1—18.
150. Pearsell, W. H. 1926: Soil sourness and soil acidity. Journ. of Ecology **14**, 155—163; ref. Justs. Bot. Jhber. 54, I, f. 1926, S. 193.
151. Penseler R. G. 1930: Die Theorie des salzsauren Auszuges im Vergleich mit mehreren Methoden zur Bestimmung der Bodenfruchtbarkeit. Diss. Halle a. S., 32 S.; auch Kühn-Archiv **26**, 1930.
152. Pozdena, L. 1934: Der Einfluß des Lithiums in verschiedener Konzentration auf den Dispersitätsgrad von Bodenproben. Zschr. f. Pflanzenernährung usw. A **35**, 193—201.
153. Ramann, E. 1911: Bodenkunde. 3. Aufl., Berlin.
154. — 1918: Bodenbildung und Bodeneinteilung. Berlin.
155. Ramensky, L. G. 1927: Zur Methodik der quantitativen Vegetationsaufnahmen. Trudy Sowestsch. lugowjed. Gos. Lugow. Inst. **1**, 105—111 (Russisch); ref. Bot. Cbl. N. F. **13**, 1928, 471.
156. Read, J. W. and R. H. Ridgell 1922: On the use of the conventional carbon factor in estimating soil organic matter. Soil Sci. **13**, 1—6.
157. Rheinwald, H. 1933: Die Nitratkonzentration der Bodenlösung und die ihre Höhe bestimmenden Faktoren. Zschr. f. Pflanzenernährg. usw. A **30**, 82—98.
158. Rieser, A. 1931: Die chemische Gesamtanalyse des Bodens. In E. Blanck, Handb. d. Bodenlehre **7**, 205—238.
159. Rippel, A. 1931: Bakteriologisch-chemische Methoden zur Bestimmung des Fruchtbarkeitszustandes des Bodens und der Kreislauf der Stoffe. In E. Blanck, Handb. d. Bodenlehre **8**, 599—671.
160. Rotmistroff, W. G. 1926: Das Wesen der Dürre. Dresden und Leipzig; cit. nach Schimper-Faber 1935, S. 183.
161. Rost und Flieger 1923: Die Einwirkung von Trocknung und Lagerung auf die Wasserstoffionenkonzentration in Bodenproben. Soil. Sci. **16**, 121; ref. Zschr. f. Pflanzenernährung usw. A **4**, 1925, 258/59.
162. Rübel, E. 1912: Pflanzengeographische Monographie des Bernina-Gebietes. Engl. Bot. Jahrb. **47**, 1—616.
163. — 1922: Geobotanische Untersuchungsmethoden. Berlin.
164. Rubner, K. 1920: Forstliche Standortsgewächse im westlichen Moränengebiet Bayerns. Forstw. Cbl. **42**, 135; cit. nach W. Mevius 1931, 73/74.
165. Russel, E. J. 1914: Boden und Pflanze. Dresden u. Leipzig.
166. Salisbury, E. J. 1925: The vegetation of the Forest of Wyre. A preliminary account. Journ. of Ecology **13**, 314—321.
167. Scherrer, M. 1923: Soziologische Studien am Molinietum des Limmattales. 15. Ber. Züricher Bot. Ges., 18—42.
168. Schimper, A. W. F. 1935: Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. 3. Aufl. herausgegeb. von F. C. Faber, Jena.

169. Schneidewind, W. 1928: Die Ernährung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Berlin.
170. Schoenichen, W. 1933: Deutsche Waldbäume und Waldtypen. Jena
171. Schollenberger, C. J. 1927: Eine Schnellmethode zur annähernden Bestimmung der im Boden enthaltenen organischen Substanz. Soil Sci. **24**, 65; cit. nach K. Maiwald 1931, 145.
172. Schröter, C. 1910: Bodenanzeigende Pflanzen der Schweiz. In H. Moß, Die landwirtschaftliche Schule des eidgen. Polytechnikums in Zürich. Bericht über Wege und Ziele der neueren Entwicklung der Anstalt. Zürich. S. 113—134.
173. Schubert, J. 1929: Das Klima der Bodenoberfläche und der unteren Luftschicht in Mitteleuropa. In E. Blanck, Handb. d. Bodenlehre **2**.
174. Schucht, F. 1930: Grundzüge der Bodenkunde. Berlin.
175. Schulze, F. 1849: Anleitung zur Untersuchung der Ackererde auf ihre wichtigsten physikalischen Eigenschaften und Bestandteile. Journ. prakt. Ch. **47**, 241—325.
176. Seiwerth, A. 1927: Annales pro experimentis foresticis **2**, 251; cit. nach Penseler 1930, S. 4.
177. Sekera, F. 1932: Die Nutzbarkeit des Bodenwassers für die Pflanze. I. Fragestellung und Methodik. Zschr. f. Pflanzenernährung usw. A **26**, 57—125.
178. Siegrist, R. 1913: Die Auenwälder der Aare. Diss. Zürich. Aarau.
179. — und H. Gessner 1925: Über die Auen des Tessinflusses. Veröff. Geobot. Inst. Rübel in Zürich, Heft **3** (Festschrift C. Schröter), 127—169.
180. v. Sigmond, A. A. J. 1902: Introduction of a new terminology in indicating the chemical composition of minerals and soils. Int. Mitt. Bodenkde. **2**, 190—203.
181. — 1914: Beiträge zur ausführlichen chemischen Analyse des Bodens. Int. Mitt. Bodenkde. **4**, 336—362.
182. — 1915: Über die Charakterisierung des Bodens auf Grund des salzsauren Bodenauszuges und des Basenaustauschvermögens. Int. Mitt. Bodenkde. **5**, 165—224.
183. — 1931: Die Bestimmung der in Salzsäure löslichen Mineral- und Nährstoffe des Bodens und die Bewertung der Befunde des Salzsäureauszuges. In E. Blanck, Handb. d. Bodenlehre **8**, 148—174.
184. Smith, L. 1871: Ann. d. Ch. u. Pharm. **159**, 82; cit. nach K. K. Gedroiz 1926, 87.
185. Spennemann, F. 1933: Ein Beitrag zur Praxis der Untersuchungen am „natürlich gelagerten" Boden. Pflanzenbau **10**, 147—153.
186. Springer, U. 1928 (a): Die Bestimmung der organischen, insbesondere der humifizierten Substanz in Böden. Zschr. f. Pflanzenernährung usw. A **11**, 313—359.
187. — 1928 (b): Bestimmung und Charakterisierung der organischen Substanz in Böden. Zschr. f. Pflanzenernährung A **12**, 309—317.

188. Stocker, O. 1923: Klimamessungen auf kleinstem Raum an Wiesen-, Wald- und Heidepflanzen. Ber. D. Bot. Ges. **41**, 145—150.
189. Strecker, W. 1923: Erkennen und Bestimmen der Wiesengräser. 9. Aufl., Berlin; cit. nach W. Mevius 1931, S. 76.
190. Tacke und Arndt (Ref.) 1923: Physikalische und chemische Studien an schweren Tonböden. Int. Mitt. Bodenkde. **13**, 6—26.
191. — — 1924: Erwiderung auf die Arbeit „Bestehen Beziehungen zwischen dem durch Salzsäure zersetzlichen tonerde-silikatischem Kolloidanteil der Böden und deren Fruchtbarkeit und Düngebedürftigkeit?" von R. Ganssen. Int. Mitt. Bodenkde. **14**, 155—157.
192. Tessendorf, F. 1922: Vegetationsskizze vom Oberlauf der Schtschara. Ber. d. fr. Ver. f. Pflanzengeogr. u. syst. Bot. f. d. Jahre 1920 u. 1921, ersch. 1922, 25—102; ref. Justs Bot. Jhber. **54** f. 1926, 372/73.
193. Treadwell, F. P. 1917: Kurzes Lehrbuch der analytischen Chemie. Bd. II. 7. Aufl. Leipzig u. Wien.
194. Ungerer, E. 1933: Die Bodenanalyse. In G. Klein, Handb. der Pflanzenanalyse IV, T. 2, Wien.
195. Utescher, K. 1928: Chemische Bodenanalyse und Molekularverhältnis I. Zschr. f. Pflanzenernährung usw. A **11**, 265—281.
196. — 1929: Chemische Bodenanalyse und Molekularverhältnis II. Zschr. f. Pflanzenernährung A **13**, 265—274.
197. — 1930: Boden und Bodenbildung. Zschr. f. Pflanzenernährung usw. A **18**, 203—217.
198. — 1933: Die Einteilung der Mineralböden unter Berücksichtigung der Korngrößengliederung und des Gehaltes an salzsäurelöslicher Tonerde. Zschr. f. Pflanzenernährung usw. A **28**, 224—241.
199. Vageler, P. (Ref.) und F. Alten 1931: Die Böden des Nil und Gash III. Zschr. f. Pflanzenernährung usw. A **22**, 21—51.
200. Vallin, H. 1925: Ökologische Studien über Wald- und Strandvegetation. Lunds Univ. Aarskr. N. F. Avd. 2, Bd. 21, Nr. 7. Lund u. Leipzig.
201: Valmari, J. 1921: Beiträge zur chemischen Bodenanalyse. Acta For. Fenn. **20**, 67 S.
202. Vesterberg, K. A. 1922: Gedanken über die chemische Bodenanalyse. Int. Mitt. Bodenkde. **12**, 11—21.
203. Wangerin, W. 1909: Die Vegetationsverhältnisse in W. Ule, Heimatkunde des Saalkreises, Halle a. S. S. 495—608.
204. — 1915: Vorläufige Beiträge zur kartographischen Darstellung der Vegetationsformationen im nordostdeutschen Flachland, unter besonderer Berücksichtigung der Moore. Ber. D. Bot. Ges. **33**, 168—198.
205. — 1922: Die Grundfragen der Pflanzensoziologie. Die Naturwiss. **10**, 574—582.
206. — 1925: Beiträge zur pflanzensoziologischen Begriffsbildung und Terminologie. 1. Die Assoziation. Fedde, Repert. spec. nov. reg. veg. Beih. **36**, 3—59.

207. Wangerin, W. 1926/27: Vegetationsstudien im nordostdeutschen Flachlande I. Schr. Naturforsch. Ges. Danzig, N. F. **17**, H. 4, 170—272.
208. — 1928: Die deutsche Landschaft in ihrem pflanzengeographischem Wesen. In „Deutschland" herausgeg. von d. Kaiserl. Leop. Dtsch. Akad. d. Naturforsch. zu Halle. Leipzig. S. 162—249.
209. Weaver, J. E., H. C. Hanson and G. M. Aikman 1925: Transect method of studying woodland vegetation along streams. Bot. Gaz. **80**, 168—187; ref. Justs Bot. Jhber. **54** f. 1926, 381/82
210. Weis, F. 1910: Über Vorkommen und Bildung der Salpetersäure im Wald- und Heideboden. Cbl. f. Bakt. II, **28**, 434—460.
211. Wendel, O. 1912: Untersuchungen des Magdeburger Elb- und Leitungswassers von 1904—1911. Zschr. f. öffentl. Ch., S. 2—12 und 20—29. Plauen i. V.
212. Whitney und Hosmer 1897: Erdbodenfeuchtigkeit im Laufe des Sommers 1896. U. S. Dep. of Agric. 1897, Bull 9; ref. Biedermanns Cbl. f. Agrikulturchemie **30**, 1901, 134.
213. Wiley, H. W. 1906: Principles and practice of agricultural analysis **1**, 352; cit. nach K. Maiwald 1931, 143.
214. Williams, R. 1929: Die Bestimmung der austauschbaren Basen Mg, K und Gesamtbasen im Boden. Journ. of agric. Sci. **19**, 589—599; ref. Chem. Cbl. 1930, I, 1, 1201.
215. Wilson, B. D. und E. V. Staker 1932: Das Verhältnis von organischer Substanz zu organisch gebundenem Kohlenstoff in den Torfböden des Staates New York. Journ. Americ. Soc. Agronomy **24**, 477; ref. Zschr. f. Pflanzenernährung usw. A **28**, 1933, 376/77.
216. Wollny, E. 1885: Untersuchungen über das spezifische Gewicht, das Volumgewicht und die Luftkapazität der Bodenarten. Wollnys Forsch. a. d. Geb. d. Agrikulturphysik **8**, 341—373.
217. — 1893: Untersuchungen über den Einfluß der Struktur des Bodens auf dessen Feuchtigkeitsverhältnisse. Wollnys Forsch. a. d. Geb. d. Agrikulturphysik **16**, 381—407.
218: Woy 1897: Ch. Ztg. 442 u. 469; cit. nach F. P. Treadwell 1917, 372.
219. Yapp, R. H. 1922: The concept of habitat. Journ. of Ecol. **10**, 1—17.
220. — 1925: The inter-relations of plants and the concept of „association". Veröff. Geobot. Inst. Rübel in Zürich, **3**. Heft (Festschr. C. Schröter), 684—706.
221. Zimmermann, W. 1931: Pflanzensoziologie. Forsch. z. Völkerpsychologie u. Soziologie **10**, 2, 20—69, Leipzig.
222. Zunker, F. 1930: Das Verhalten des Bodens zum Wasser. In E. Blanck, Handb. d. Bodenlehre **6**, 66—220.

Die Anregung zu dieser Arbeit ging von einem Praktikum für Vegetationskunde aus, das mein verehrter Lehrer, Prof. Dr. Günther Schmid, im Sommersemester 1928 leitete. Herr Prof. Dr. Schmid stand mir während der Durchführung meiner Arbeit stets mit Rat und Tat zur Seite. Es sei ihm deshalb an dieser Stelle mein besonderer Dank abgestattet.

Die vorliegende Arbeit erfuhr von vielen Seiten Förderung und Anregung. Herrn Prof. Dr. F. von Wolff vom Mineralogischen Institut und Herrn Prof. Dr. Th. Roemer vom Landwirtschaftlichen Institut möchte ich hier ebenfalls meinen Dank aussprechen.

Lebenslauf.

Am 10. März 1910 wurde ich in Torgau (Elbe) als Sohn des Lehrers Ferdinand Koßwig und seiner Ehefrau Martha, geb. Ziehe, geboren. Nach dreijähriger Mittelschulzeit besuchte ich das Städt. Reformrealgymnasium zu Halle und bestand Ostern 1928 daselbst die Reifeprüfung. Im April 1928 wurde ich in der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Halle immatrikuliert und wählte Biologie, Chemie, Physik und Mineralogie als Studienfächer. Mein Studium beendete ich im W.-S. 1931/32.

Meine akademischen Lehrer waren die Herren Brüel, Fingerling, Hoffmann, Holdefleiß, Hollrung, Karsten, Klatt, Kunitz, Ludwig, Montfort, Mothes, K. Noack, Th. Roemer, G. Schmid, Weigelt, Weitz, von Wolff.

Wilhelm Koßwig.